SVE
7476

HARVARD UNIVERSITY.

LIBRARY

OF THE

MUSEUM OF COMPARATIVE ZOÖLOGY.

12277

Exchange

October 31 1906 - July 8, 1907.

JUL 8 1907

KUNGLIGA SVENSKA

VETENSKAPSAKADEMIENS

HANDLINGAR.

NY FÖLJD.

FYRTIOFÖRSTA BANDET.

UPPSALA & STOCKHOLM
ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI-A.-B.

UPPSALA 1906—1907
ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI-AKTIEBOLAG

FYRTIOFÖRSTA BANDETS INNEHÅLL.

Sid.

1. Hamberg, Axel, Hydrografische Arbeiten der von A. G. Nathorst geleiteten schwedischen Polarexpedition 1898. Mit 4 Tafeln und 7 Textfiguren . . . . . 1— 56.
2. Nathorst, A. G., Bemerkungen über Clathropteris meniscioides Brongniart und Rhizomopteris cruciata Nathorst. Mit 3 Tafeln . . . . . 1— 14.
3. Gullstrand, Allvar, Die reelle optische Abbildung. Mit 2 Textfiguren . . . . . 1—119.
4. Odhner, Nils, Northern and arctic invertebrates in the collection of the Swedish State Museum. III. Opisthobranchia and Pteropoda. With 3 plates . . . . . 1—118.
5. Nathorst, A. G., Über Dictyophyllum und Camptopteris spiralis. Mit 7 Tafeln und 4 Textfiguren . . . . . 1— 24.
6. Nordenskiöld, Erland, Einige Beiträge zur Kenntnis der südamerikanischen Tongefässe und ihrer Herstellung. Mit 20 Textfiguren . . . . . 1— 22.
7. Sernander, Rutger, Entwurf einer Monographie der europäischen Myrmekochoren. Mit 11 Tafeln und 29 Textfiguren . . . . . 1—410.

KUNGL. SVENSKA VETENSKAPSAKADEMIENS HANDLINGAR. Band 41. N:o 1.

12,277

HYDROGRAPHISCHE ARBEITEN

DER VON A. G. NATHORST

GELEITETEN SCHWEDISCHEN POLAREXPEDITION 1898

VON

AXEL HAMBERG

MIT 4 TAFELN UND 7 TEXTFIGUREN

EINGEREICHT AM 14. FEBRUAR 1906

UPPSALA & STOCKHOLM. ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI-A.-B.

BERLIN
R. FRIEDLÄNDER & SOHN
11 CARLSTRASSE

LONDON
WILLIAM WESLEY & SON
28 ESSEX STREET. STRAND

PARIS
LIBRAIRIE H. LE SOUDIER
174 BOULEVARD S:T GERMAIN

KUNGL. SVENSKA VETENSKAPSAKADEMIENS HANDLINGAR. Band 41. N:o 1.

HYDROGRAPHISCHE ARBEITEN

DER VON A. G. NATHORST

GELEITETEN SCHWEDISCHEN POLAREXPEDITION 1898

VON

AXEL HAMBERG

MIT 4 TAFELN UND 7 TEXTFIGUREN

EINGEREICHT AM 14. FEBRUAR 1906

UPPSALA & STOCKHOLM
ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI-A.-B.
1906

INHALT.

	Seite
Einleitung	1
Lotleine und Lote	2
Methode des Tieflotens mit der Hanfleine	5
Wasserschöpfer	7
Thermometer	15
Brauchbarkeit des Propellers bei hydrographischen Apparaten	17
Untersuchung der Wasserproben	21
Zustand der Meeresoberfläche	22
Tabellen über die Temperatur und den Salzgehalt der Meeresoberfläche	26
Die hydrographischen Verhältnisse der tieferen Schichten	33
Tabelle der Lotungen und der vertikalen Reihen der Temperatur und des Salzgehaltes	36
Die Tiefe der sog. schwedischen Tiefe	40
Die Flaschenposten	43
Tabelle der Flaschenposten	50

	Taf
Abbildungen der Wasserschöpfer	1
Salzgehalt und Temperatur der Meeresoberfläche im Juli und August 1898	2
Hydrographischer Durchschnitt, westlich von Spitzbergen	3
Karte der wahrscheinlichen Bahnen der Flaschenposten	4

Die von Professor A. G. Nathorst angeordnete und geleitete Polarexpedition 1898 hatte bekanntlich den Hauptzweck, eine naturwissenschaftliche Untersuchung von Kung Karl's Land auszuführen, da aber dieses fast immer vom Eise eingeschlossene Land wohl erst gegen das Ende des Sommers zugänglich werden würde, hatte die Expedition sich noch andere Aufgaben gestellt. Letztere sollten verschiedene wissenschaftliche Untersuchungen auf Beeren Eiland und der Hauptinsel von Spitzbergen sowie im offenen Meere umfassen.

Als Professor Nathorst mir den Entwurf und die Ausführung der hydrographischen Untersuchungen auftrug, fasste ich meine Aufgabe so auf, dass diese Arbeiten, die jedenfalls zu den Nebenzwecken der Expedition gehörten, mit möglichst geringen Kosten und ohne besondern Zeitaufwand zu erledigen seien. Von ausgedehnten Beobachtungsreihen, bei denen das Schiff halten müsste, konnte keine Rede sein. Ich musste mich deshalb auf eine verhältnismässig geringe Zahl von Lotungen und Bestimmungen der Temperatur und des Salzgehaltes der tieferen Wasserschichten beschränken. Dagegen konnte ich z. B Beobachtungen über die Beschaffenheit des Oberflächenwassers und über Oberflächenströme mit Hilfe von Flaschenposten in beliebig grossem Massstabe anstellen.

Da jedoch auf Anregung des Herrn Professors Otto Pettersson eine hydrographische Untersuchung der sog. Schwedischen Tiefe westlich von Spitzbergen beschlossen wurde, konnte die hydrographische Ausrüstung der Expedition schon wegen des Umstandes, dass diese Senkung nach den vorhandenen Seekarten etwa 4,850 m tief sei, nicht innerhalb sehr bescheidener Grenzen gehalten werden, weil hydrographische Arbeiten in so grossen Tiefen ziemlich kostspielige Anordnungen erfordern.

Durch das Entgegenkommen einiger in Tromsö wohnhaften Eismeerfahrer konnten unsere Beobachtungen über das Oberflächenwasser erweitert werden. Die Kapitäne S. Kræmer, Jacht »Siggen», J. Kjeldsen, Dampfbark »Frithjof» und K. Johannesen, Jacht »Avance» hatten die Güte, während ihrer Eismeerfahrt im selben Sommer für die Rechnung unserer Expedition sowohl Beobachtungen über die Temperatur der Meeresoberfläche anzustellen als auch Wasserproben von derselben zu sammeln. Dadurch haben unsere eigenen Arbeiten wertvolle Ergänzungen erhalten.

Lotleine und Lote.

Die modernen hydrographischen Expeditionen, die in tiefer See arbeiten, benutzen wohl für ihre Tieflotungen ausschliesslich besondere Lotmaschinen. Da aber für diese immer sehr dünner, etwa millimeterdicker Stahldraht angewandt wird, der eine Tragfähigkeit von nur etwa 100—150 kg besitzt, darf man keine anderen hydrographischen Apparate als das Lot daran hängen. Für die Wasserschöpfer und Umkehrthermometer werden wohl nunmehr meistens Drahtseile von wenigstens 400—500 kg Bruchbelastung benutzt; ein solches Seil ist aber für die Lotungen zu schwer. Um sowohl Kosten zu ersparen als auch die Arbeiten zu vereinfachen, beschloss ich deshalb, mir nach dem Vorbild der älteren hydrographischen Expeditionen der »Challenger», »Gazelle» und »Vöringen» eine Lotleine aus Hanf zu verschaffen, die auch für die hydrographischen Apparate brauchbar wäre. Ich glaube, dass diese Wahl für unsere Expedition glücklich gewesen ist, für die die hydrographischen Arbeiten nur Nebenzweck waren.

Die von den Expeditionen der »Challenger», »Gazelle» und »Vöringen» als Lotleinen benutzten Hanfseile waren von der besten Sorte italienischen Hanfes angefertigt und hatten folgende Dimensionen und Tragfähigkeiten:

	Umfang	Bruchbelastung	Dieselbe pro mm²
Challenger	25,4 mm	792 kg	15,4
Gazelle	20,3 »	631 »	19,3
Vöringen.	26,0 »	750 »	13,9

Die beiden ersten dieser Leinen waren in England, die dritte in Norwegen angefertigt. Ich versuchte es umsonst, hier in Schweden ein so gutes Fabrikat aufzutreiben. Die besten Proben lieferte der Seiler G. Logren in Östhammar, sie hatten jedoch eine Bruchbelastung von nur 11,6 kg pro mm². Da mir das Fabrikat trotzdem brauchbar schien, wurde die Leine bei Logren bestellt und von ihm angefertigt. Die Leine konnte jedoch nicht in einem Stück hergestellt werden, sondern in Längen von etwa 320 m, die sorgfältig miteinander zusammengesplisst wurden. Um die Gefahr der Abreissung zu beseitigen, welche die Vermehrung der Belastung durch das eigene Gewicht der ausgelaufenen Leine verursachen könnte, wurden die einzelnen Längen in verschiedener Dicke angefertigt, und zwar so, dass, wenn das Seil ausgelaufen war, der obere an der Meeresoberfläche befindliche Teil um so viel dicker als das untere

Ende war, dass die durch den heraushängenden Teil verursachte Vergrösserung der Beanspruchung ungefähr kompensiert wurde. Durch diese stufenförmige Zusammensetzung des Seiles konnte man also in allen Tiefen mit etwa derselben Sicherheit gegen Abreissungsgefahr arbeiten. Das Seil wurde in folgender Weise zusammengesetzt:

				Beob. Bruchbelastung [1]
zu oberst	960 m	vom Umkreise	30,2 mm	930 kg.
danach	960 »	» »	28,6 »	—
»	960 »	» »	27,0 »	—
»	960 »	» »	25,4 »	—
»	960 »	» »	23,8 »	—
zu unterst	640 »	» »	22,2 »	545 kg.

Die Gesamtlänge der Leine betrug also 5,440 m. Sie wurde hier in Stockholm vor der Abreise genau gemessen und verschiedene, leicht erkenntliche Marken wurden in Abständen von je 100, 500 und 1,000 m angebracht. Die untersten 100 m wurden noch in Abständen von je 25 m besonders gezeichnet.

Die lange Leine war am Vorderdeck des Schiffes auf eine grosse Rolle gerollt. Beim Loten wurde die Leine zunächst durch einen mit Tourenzähler versehenen, im Deck befestigten Block, dann durch einen zweiten, am Nock der Unterrahe des Grossmastes [2] befestigten geschoren, von dem aus dieselbe ungefähr in der Mitte der Steuerbordseite senkrecht ins Meer ging. Während das Fieren der Leine wegen der Schwere des Lotes und des Wasserschöpfapparates von selbst ging, musste das Anholen durch die Dampfwinde bewerkstelligt werden.

Für die Lotungen verfügte die Expedition über zwei grosse, den hydrographischen Sammlungen der Akademie der Wissenschaften gehörende Rohrlote von Ekman's Konstruktion.[3] Zweifellos sind es dieselben Lote, die F. L. Ekman während der schwedischen hydrographischen Expeditionen in der Ostsee und im Kattegat 1877 zum Heraufholen von Proben aus dem Meeresboden benutzte. Ich gebrauchte diese Apparate weniger zu ihrem ursprünglichen Zweck als schlechthin zum Loten, da sie ziemlich schwer waren; sie wogen nämlich etwa je 30 kg. Das unbequeme und für die hydrographischen Untersuchungen unnötige Ventilgehäuse, das dem einen Apparat beigegeben war, benutzte ich nie. Trotzdem und obgleich wir meistens in viel grösseren Tiefen arbeiteten als Ekman, bekamen wir doch beim Loten mitunter gute Bodenproben, die selbstverständlich aufbewahrt wurden.

Da die Rohrlote zur Bestimmung grösserer Tiefen zu leicht waren, hatte ich eine mehr als genügende Anzahl von Extragewichten anfertigen lassen, durch welche die Lote schwerer gemacht werden konnten. Diese Gewichte wogen je etwa 50 kg,

[1] Diese Bestimmungen wurden von der Materialprüfungsanstalt der hiesigen technischen Hochschule ausgeführt.

[2] Unser Schiff, die Antarctic, hatte Barkschifftakelung.

[3] Ekman, F. L. och Pettersson, O., Den svenska hydrografiska expeditionen år 1877 under ledning af F. L. Ekman. K. Sv. Vet. Akad. Handl., Bd 25, Heft. I, 1892, No 1.

und hatten die Form eines niedrigen, mit einem zentrischen Loch versehenen Zylinders; das Loch war etwas weiter als das Rohr des Rohrlotes. Die Gewichte konnten auf das Rohr aufgestreift und mittels einer Schlinge am Haken m[1] des Rohrlotes festgehalten werden, so lange das Lot senkrecht in seiner Öse hing. Sobald das Rohrlot in den Meeresboden eindrang, löste sich aber die Schlinge und die Gewichte blieben auf dem Grunde liegen, wenn das Lot wieder heraufgezogen wurde.

[1] Vergl. Fig. 19, Seite 27, der oben zitierten Abhandlung von EKMAN.

Die Methode des Tieflotens mit der Hanfleine.

Die Meere, die unsere Expedition besuchte, sind meistens flach, und im allgemeinen konnten wir mit der Leine fühlen, ob sich das Lot schon auf dem Meeresboden befand oder nicht. Das Lot brauchte dabei auch nicht durch Extragewichte beschwert zu sein. Nur an den fünf Stationen westlich von Spitzbergen, deren Tiefe 1,500 m überschritt, mussten wir uns mehr Mühe geben, um die Tiefe zu bestimmen. In diesen Fällen wurde das EKMANsche Rohrlot meistens mit zwei von den 50 kg schweren Gewichten beladen und das Loten etwa folgenderweise bewerkstelligt.

Zunächst wurden etwa 500 m der Hanfleine unter Bremsen der Rolle vorsichtig ausgefiert. Dann wurde die Rolle losgelassen, die Leine lief mit der Geschwindigkeit aus, die das fallende Lot ihr erteilen konnte, und die Uhrzeiten wurden genau notiert, sobald eine 100 m-Marke der Leine ins Wasser sank. Wenn das Lot den Grund erreichte, lief jedoch die Leine noch weiter, wenngleich mit bedeutend geringerer Geschwindigkeit. Aus der plötzlichen Zunahme der Zeitintervalle konnte man jedoch unmittelbar erkennen, während welches Intervalls der Boden erreicht wurde, dagegen konnte man nicht ohne weiteres entscheiden, in welcher Sekunde oder bei welchem Zehner oder Einer von Meter es geschah. Um dieses zu ermitteln, liess ich die Leine noch eine Weile auslaufen, um die Geschwindigkeit der nur von ihrem eigenen Gewicht beschwerten Leine zu bestimmen. Sobald wenigstens zwei Marken ausgelaufen waren, nachdem das Lot den Boden erreicht hatte, wurde die Rolle gebremst, so dass das Auslaufen der Leine aufhörte.

Nach den Intervallen der Zeiten, wo zwei aufeinander folgende 100 m-Marken ins Wasser sanken, wurde die Tiefe folgendermassen berechnet. Es seien

t_1 das Zeitintervall für zwei konsekutive Marken der vom Lot beschwerten Leine;

t_2 das Zeitintervall der Marke für N Meter und dasjenige für $(N + 100)$ Meter, während dessen das Lot den Boden erreicht;

t_3 das Zeitintervall für zwei aufeinander folgende Marken, wenn das Lot auf dem Boden liegt.

Die Anzahl von x Meter, die zu N hinzuzufügen sind, um die Tiefe zu bekommen, erhält man dann aus der Gleichung:

$$100\ t_2 = x\ t_1 + (100 - x)\ t_3.$$

Die älteren hydrographischen Expeditionen, wie diejenigen mit der »Challenger» und der »Vöringen», pflegten ebenfalls bei ihren Tieflotungen die Auslaufsgeschwindigkeit der Leine zu bestimmen, um den Zeitpunkt beobachten zu können, wann das Lot gegen den Boden stiess. Die hier beschriebene Methode, nach welcher sowohl die Geschwindigkeit der vom Lote beschwerten Leine als diejenige der Leine allein bestimmt wird, und danach eine wirkliche Berechnung der Tiefe erfolgt, scheint nicht früher angewandt zu sein. Die Methode gibt gute Resultate, und kein Übelstand liegt darin, dass hundert oder mehr m Leine sich auf den Boden legen. Ein Verfitzen der Leine fand bei keinem der von mir ausgeführten Lotungen statt.

Einige Beispiele von Tiefenbestimmungen nach dieser Methode sind in dem Abschnitt »Tiefe der sog. Schwedischen Tiefe» angeführt.

Die Wasserschöpfer.

Der Expedition standen folgende Wasserschöpfer zur Verfügung:

Ein PETTERSON's wärmeisolierender Wasserschöpfer.[1] Diesen stellte Professor O. PETTERSSON selbst nebst zwei dazugehörenden Thermometern der Expedition zur Verfügung.

Ein EKMAN's Tiefwasserschöpfer No 4.[2] Dieser gehörte der Akademie der Wissenschaften und wurde der Expedition leihweise überlassen.

Ein Bodenwasserschöpfer neuer Konstruktion.

Zwei Thermometerwasserschöpfer, ebenfalls neuer Konstruktion.

Die neukonstruierten Wasserschöpfer werden hier unten beschrieben.

Der Bodenwasserschöpfer. Wenn man in grossen Tiefen arbeitet, kann man beim Loten keinen Wasserschöpfer der jetzt gebräuchlichen Konstruktion zusammen mit dem Lot auf den Boden hinablassen, weil der Stoss gegen den Boden nicht das Schliessen des Apparates bewirkt. Wenn das Schiff treibt, wird deshalb der Wasserschöpfer durch den Bodenschlamm geschleift, mit demselben gefüllt und vielleicht zerstört. Der einzige mir bekannte, im offenen Meere brauchbare Wasserschöpfer, der sich beim Anprall auf den Meeresboden sofort schliesst, ist der von MEYER,[3] der jedoch dessen ungeachtet leicht vom Schlamm gefüllt werden kann. Da es wegen der Zeitersparnis, die für unsere hauptsächlich für Untersuchungen des festen Landes bestimmte Expedition eine grosse Rolle spielte, immer von Belang war, gleichzeitig mit der Lotung eine Wasserprobe und Temperaturbestimmung des Bodens zu bekommen, konstruierte ich für die Expedition einen Wasserschöpfer, der sich, sobald das Lot auf den Meeresboden stiess, schliessen sollte und in liegender Stellung über den Boden schleifen konnte, ohne sich wieder zu öffnen oder wesentlich beschädigt zu werden.

Dieser Wasserschöpfer ist in den Fig. 1 u. 2 Seite 8 im Durchschnitt abgebildet. Zwei Photographien, die unseren Apparat sowohl offen als geschlossen zeigen, sind in den Fig. 1 u. 2 der Lichtdruchtafel 1 wiedergegeben.

---

[1] O. PETTERSSON, A Review of Swedish Hydrographic Research in the Baltic and the North Seas. Scottish Geographical Magazine 1894.

[2] F. L. EKMAN und O. PETTERSSON, Om den svenska hydrografiska expeditionen år 1877 under ledning af F. L. EKMAN. K. Sv. Vet. Akad. Handl. Bd 25, I, 1892, No 1, Seite 7.

[3] Handbuch der nautischen Instrumente, Zweite Aufl., Seite 179. Berlin 1890.

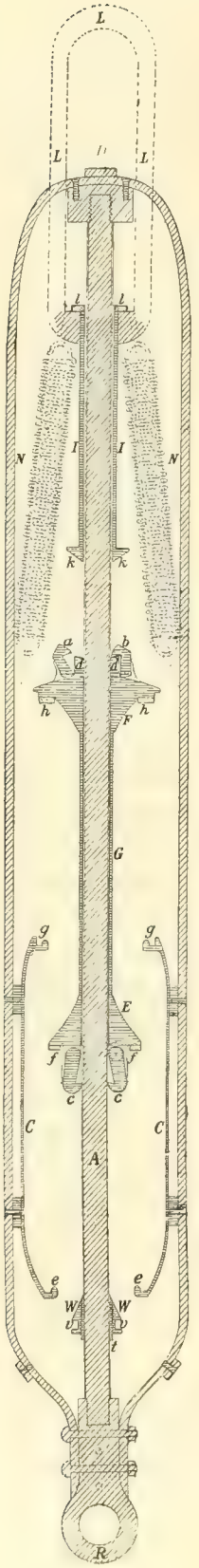


Fig. 1. Der Bodenwasserschöpfer. Massstab 1/4.

Eisen

Messing

Kautschuk

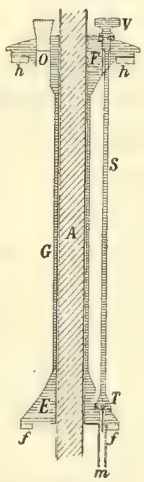


Fig. 2.

Da der Wasserschöpfer die bedeutende Belastung des Lotes, das etwa 130 kg wog, wenn es mit zwei Gewichten beladen war, aushalten und ferner auch das Schleifen über den Meeresboden vertragen musste, wurde er sehr solide gebaut.

Eine massive eiserne Stange von 1,4 cm Durchmesser bildete die zentrale Achse A des Wasserschöpfers, die die ganze Last des Lotes trug. Die Stangenenden waren in zwei ziemlich grobe eiserne Bolzen R und D geschraubt. In denselben waren ebenfalls vier 0,5 cm dicke und 1,8 cm breite Bandeisen befestigt, die zusammen einen starken Käfig bildeten, der als Schutz der feineren Teile des Wasserschöpfers sowie als Träger des Zylinders C dienten.

Die Stahlstange A ist mit einer dünnen Messingröhre umgeben. Auf ihrem mittleren und unteren Teil läuft die Röhre G, an welcher der Boden E und Deckel F des Cylinders befestigt sind. Wenn dieser bewegliche Teil EGF des Wasserschöpfers herabfällt, wird der Zylinder C durch die Kanten e und g, die den Gummiringen f und h fest anliegen, wasserdicht verschlossen. Der Abstand eg ist nämlich genau derselbe wie fh. Wenn der Zylinder geschlossen ist, wird der bewegliche Teil EGF von den Haken c festgehalten, die in die Vertiefung v des Kegels W eingreifen. Der Zylinder öffnet sich dann nicht mehr, wenn sich auch der Apparat umkehrt. Der Kegel W ist auf das an die Messingröhre der Stange A festgelötete Gewinde t geschraubt. Der Druck der Gummiringe f und h gegen die Schärfen e und g kann also durch Drehen des Kegels W in zweckmässigster Weise geregelt werden.

Auf dem oberen Teile der Stange A läuft eine andere Röhre I, deren unteres Ende mit dem Kegel k versehen ist, während das obere Ende in dem Bügel L befestigt ist. Die Beweglichkeit der Röhre I reicht unten bis an den festgeschraubten Ring d, oben bis an den Bolzen D. Zwei Spiralfedern drücken den Kegel k mit einer gewissen Kraft gegen den Ring d. Wenn der Apparat liegt oder auf dem Boden steht, ist diese Kraft etwas grösser als das Gewicht P des ganzen Wasserschöpfapparates. Hängt der Apparat dagegen in dem Bügel L, aber ohne Lot, so beträgt der Druck von k auf d nur etwa 1 kg. Wird nun in die Öse R ein Lot gehängt, so dehnen sich die

Federn N, der Kegel k entfernt sich vom Ring d und bei hinlänglichem Gewicht des Lotes, z. B. 20 kg, stösst der Gummiring l des Bügels gegen den Bolzen D.

Für eine solche Funktion des Bügels L, der Röhre I und des Kegels k muss jede Spiralfeder einen Initialdruck von $^1/_2$ (P + 1) und eine Dehnbarkeit von etwa 1 cm für jedes weiteres kg haben.

Das Heraufholen einer Bodenwasserprobe mit diesem Bodenwasserschöpfer geschah in folgender Weise.

Nachdem die Lotleine von der grossen Rolle durch die verschiedenen Blöcke geleitet worden war, wurde das Ende derselben an den Bügel L gebunden, während das Lot in einem Abstand von nur einem oder höchstens zwei Meter in die Öse R befestigt wurde. Mit Hilfe der Rolle wurden die Apparate danach so weit gehisst, dass sie an der Schiffsseite frei über dem Wasser hingen. Dann wurde der Wasserschöpfer geöffnet und der bewegliche Teil EGF mittels der Haken a und b in den Ring d gehängt. Die Apparate wurden nun vorsichtig ins Wasser gelassen, wobei man achtgeben musste, dass sich der Wasserschöpfer nicht infolge heftiger Wellenbewegungen und anderer ähnlichen Ursachen schloss, ehe er ins Wasser kam; darauf konnte man die Rolle aber loslassen.

Das Lot und der Wasserschöpfer sanken nun mit grosser Geschwindigkeit in dem Meerwasser, das den offenen Zylinder C durchspülte. Wenn das Lot gegen den Meeresboden stiess, hörte die Belastung des Wasserschöpfers durch ersteres auf, die Spiralfedern N zogen sich zusammen, der Kegel k senkte sich gegen den Ring d und schob dabei die Haken a und b zur Seite, was verursachte, dass der bewegliche Teil EGF herabfiel und den Zylinder C verschloss, in dem also eine Wasserprobe eingeschlossen wurde. Durch die automatisch wirkenden Haken c wurde ein Wiederöffnen des Wasserschöpfers verhindert. Letzterer konnte danach, wenn das Schiff trieb, über den Meeresboden schleifen, ohne dass Bodenschlamm in die Wasserprobe eindrang oder der Apparat beschädigt wurde.

Die Fig. 2 ist ein Schnitt durch den beweglichen Teil EGF in einer zur Fig. 1 senkrechten Ebene. Das mit einem Gummistöpsel verschlossene Loch O diente zum Herausholen der Wasserproben, die nach der Methode Otto Petterssons[1] in evakuierte Glasröhren gesammelt und gasanalytisch untersucht werden sollten. Die gewöhnlichen, für die Chlorbestimmungen abgesehenen Wasserproben wurden mit Hilfe des Schraubenventils VST durch das Mundstück m, das nach Bedarf durch einen Gummischlauch verlängert werden konnte, in Glasflaschen gelassen.

Der Apparat wurde von dem Instrumentenmacher G. W. Lyth in Stockholm angefertigt.

Die Thermometerwasserschöpfer. Während die Umkehrapparate der Tiefseethermometer von Negretti & Zambra und von Knudsen im allgemeinen nicht an das Ende, sondern an die Seite der Lotleine zu binden sind, scheinen dagegen sämtliche neuere Wasserschöpfer hauptsächlich nur auf das Anbinden an das Ende der Leine berechnet

[1] A Review of swedish hydrographic Researches, Scottish Geographical Magazine 1894 u. Ber. d. d. chem. Ges. 1890, S. 1402.

zu sein. Selbstverständlich kann man sie jedoch auch seitwärts mitten an die Leine befestigen, aber es ist nicht zweckmässig, weil dann der Wasserschöpfer schief steht und gegen die Leine schabt, was vielleicht das gute Funktionieren des Wasserschöpfers beeinträchtigt.

Wenn man aber in grossen Tiefen arbeitet, nimmt das Heraufwinden der Apparate viel Zeit in Anspruch, und kann man mehrere Wasserschöpfer in verschiedenen Abständen voneinander an die Leine binden und gleichzeitig benutzen, so wird dadurch kostbare Zeit gespart. Um die hydrographischen Arbeiten möglichst schnell zu bewerkstelligen und die übrigen Mitglieder der Expedition, die an den hydrographischen Arbeiten kein oder nur ein sehr geringes Interesse hatten, möglichst wenig aufzuhalten, konstruierte ich für unsere Expedition einen Wasserschöpfer, der ebensogut an das Ende der Leine als an jeden beliebigen Punkt derselben befestigt werden konnte.

Da ein an der Seite der Leine angebrachter Wasserschöpfer sich selbstverständlich mehr oder weniger schräg stellt, wenn nicht an der anderen Seite ein entsprechendes Gegengewicht vorgesehen ist, kombinierte ich mit dem Wasserschöpfer einen Thermometerumkehrapparat für KNUDSEN'sche Umkehrthermometer, der als Gegengewicht dienen könnte. Ich habe diesen Apparat deshalb Thermometerwasserschöpfer genannt, um die doppelte Anwendung desselben hervorzuheben.

Auf der Tafel 1 ist der Apparat in $^1/_4$ der natürl. Grösse abgebildet und zwar sowohl zum Hinablassen fertig (Fig. 3), als eben aus dem Meere heraufgeholt (Fig. 4). Das erstere Bild (Fig. 3) zeigt den Wasserschöpfer geöffnet und den Thermometer in der Anfangsstellung, das zweite (Fig. 4) stellt den Wasserschöpfer geschlossen und den Thermometer in der umgekehrten Stellung dar.

Die Art der Befestigung an der Leine geht unmittelbar aus den Lichtdruckbildern hervor. Die wichtigsten Einrichtungen des Wasserzylinders und des Thermometerzylinders scheinen mir ebenfalls keiner weiteren Erklärungen zu bedürfen, da die Kenner der älteren Konstruktionen z. B. EKMANS Wasserschöpfers,[1] PETTERSSONS Wasserschöpfers,[1] meines obenbeschriebenen Bodenwassenschöpfers, MAGNAGHIS Umkehrapparates[2] sie aus den Bildern leicht verstehen werden.

Wie sich beim Heraufholen der Wasserschöpfer schliesst und der Thermometer umkehrt, bedarf jedoch einer näheren Besprechung, weswegen ich den oberen Teil des Apparats in der Fig. 3 in halber Grösse wiedergebe.

Als Träger beider Apparate dient ein beinahe rechteckiger Rahmen, der aus vier vertikalen, massiven Messingstangen zusammengesetzt ist, die mittels verschiedener Querstücke verbunden sind, unter denen das mit TT_1 bezeichnete in der Fig. 5 auch im Horizontalplan dargestellt ist. In allen Querstücken befindet sich in der Mitte zwischen den beiden Hauptteilen eine Aussparung für die Leine. Die drei Klemmen, mit denen der Apparat an die Leine befestigt wird, tragen ebenfalls dazu bei, die beiden Hauptteile zusammenzuhalten.

[1] S. Seite 7.

[2] Handbuch der nautischen Instrumente, Zweite Aufl., Seite 176. Berlin 1890.

Fig. 3. Der obere Teil des Thermometerwasserschöpfers. Massstab 1/2.

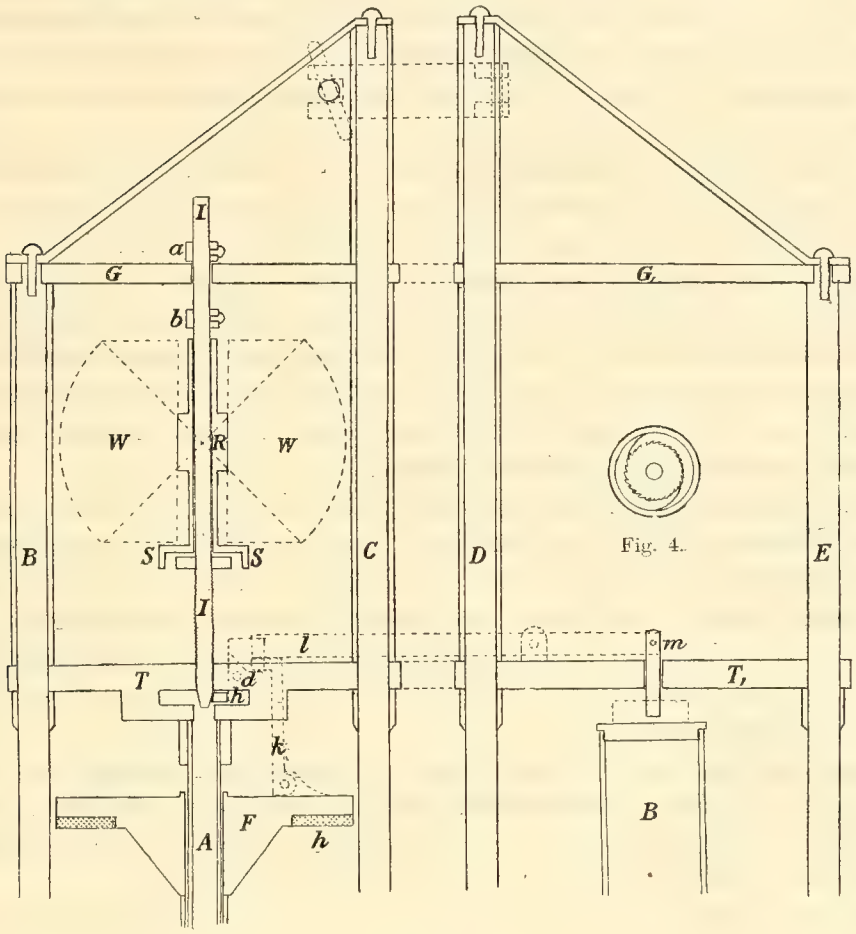


Fig. 4.

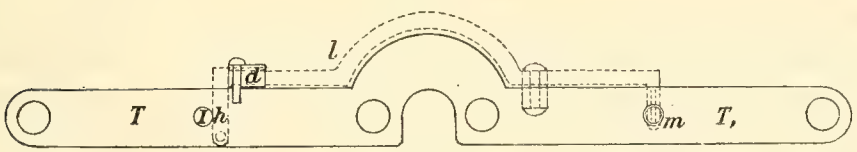


Fig. 5.

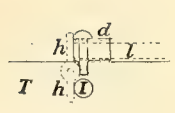


Fig. 6.

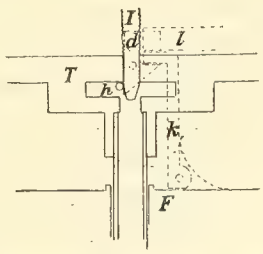


Fig. 7.

Links unten an der Fig. 3 sieht man den beweglichen Teil F des Wasserschöpfers, der an der Röhre A läuft und, wenn er herabfällt, den Deckel des Wasserschöpfers bildet. Die Liderung desselben findet wie bei dem Bodenwasserschöpfer mittels eines Gummiringes h statt, der einer Messingkante anliegt. Rechts unten sieht man den messingenen Zylinder B, der zur Aufnahme eines KNUDSENschen Thermometers dient.

Das Schliessen des Wasserschöpfers und das Umkehren des Thermometers finden mittels des Flügels W in folgender Weise statt.

Der Flügel W ist an einer Röhre R befestigt, die sich in der Richtung der Uhrzeiger um die Achse I drehen kann. Die Röhre R läuft an ihrem unteren Ende in eine mit einer vertikalen Kante versehene Scheibe S aus. An dieser Kante befinden sich kleine Stahlfedern (vergl. Fig. 4), die in ein auf der Achse I festsitzendes Sperrrad derartig eingreifen, dass, wenn sich der Flügel R rechts dreht, die Achse I die Bewegung mitmacht. Die untersten 5 mm der Achse I sind konisch, darüber ist die Achse bis zum Sperrrad mit Gewinde versehen.

Wenn der Apparat hinabgelassen werden soll, wird er folgendermassen hergerichtet. Der Wasserschöpfer wird geöffnet, das Thermometer in aufrechter Stellung gehalten, der Haken k und der Arm l auf das um eine Achse drehbare Dreieck d gelegt, der kleine Hebel h rechts so weit gedreht, dass er zwischen die Achse I und die Spitze des Dreiecks d kommt. Dann wird die Achse I heruntergeschraubt, bis der Ring a gegen G stösst. Der Apparat hat nun das Aussehen der Fig. 3 Taf. I und ist zum Hinablassen fertig.

Während des Sinkens wird der Flügel W durch den Wasserdruck links gedreht. Dabei bleibt aber die Achse I stillstehen, weil die Stahlfedern die Zähne des Sperrrades passieren, ohne festzugreifen. Der Wasserschöpfer bleibt deshalb offen und das Thermometer in aufrechter Stellung.

Sobald man anfängt, den Apparat heraufzuholen, beginnt der Flügel sich in entgegengesetzter Richtung zu drehen, d. h. von links nach rechts. Dann greifen aber die Stahlfedern in das Sperrrad ein und die Achse I dreht sich in derselben Richtung wie der Flügel. Da am unteren Teil der Achse I ein rechtsgängiges Schraubengewinde angebracht ist, das in der Mutter bei T läuft, hebt sich jedoch bei diesen Umdrehungen die Achse allmählich, und nach einiger Zeit hat sie sich so weit gehoben, dass das untere Ende derselben dem Hebel h nicht mehr im Wege steht. Der Hebel wird dann vom Dreieck nach links verschoben, das Dreieck dreht sich und lässt den Haken k und den Arm l los. Dabei fällt der bewegliche Teil F des Wasserschöpfers herab, und derselbe schliesst sich. Wenn der Arm l herabfällt, wird der Bolzen m gehoben, das Ende R des Thermometergehäuses wird losgelassen und kehrt sich um. Der Apparat hat dann das Aussehen der Fig. 4 der Tafel I.

Unter fortwährendem Aufwinden schraubt sich die Achse I weiter hinauf, bis das Gewinde sich ausgeschaltet hat. Dann hebt sich die Achse nicht mehr, dreht sich aber noch immer, bis das Aufwinden der Leine aufhört. Der Flügel ist also sowohl beim Hinablassen als beim Heraufholen drehbar und verursacht deshalb kein Zwirnen der Leine. Diese Anordnung ist folglich besser als die Propelleranordnungen des

SIGSBEEschen Wasserschöpfers[1] und des MAGNAGHIschen[2] Umkehrapparats. Der Tiefwasserschöpfer von F. L. EKMAN[3] gewährt jedoch dieselben Vorteile, er hat aber eine kompliziertere Konstruktion.

Die Vorrichtungen des Thermometerwasserschöpfers zum Ausgiessen des Wassers oder zum Herausholen von Wasserproben für die Gasanalyse nach dem PETTERSSONschen Verfahren sind ungefähr dieselben wie die des Bodenwasserschöpfers.

Die Thermometerwasserschöpfer wurden ebenfalls von der Firma G. W. LYTH in Stockholm angefertigt.

Prüfung der Wasserschöpfer. Zur Gewinnung zuverlässiger Wasserproben aus einer gewissen Tiefe ist es selbstverständlich unbedingt nötig, dass der benutzte Wasserschöpfer dicht schliesst, denn sonst kann, besonders wenn er Wasserschichten von anderem spezifischen Gewichte passiert, das Wasser derselben hineinkommen. Eine Leckage gibt sich kund, wenn aus dem gefüllten und genau abgetrockneten Wasserschöpfer noch Wasser abträufelt. Es zeigte sich bei der Prüfung unserer Wasserschöpfer, dass der PETTERSSONsche, der Bodenwasserschöpfer und die Thermometerwasserschöpfer durchaus dicht schlossen, degegen der EKMANsche bisweilen merklich leckte. Da ich hoffte, dass diese kleine Leckage doch bedeutungslos wäre und mehrere Wasserschöpfer nötig waren, um die hydrographischen Arbeiten in möglichst kurzer Zeit zu erledigen, so wurde auch der EKMANsche benutzt, der übrigens in gewissen Beziehungen den anderen überlegen war.

Der Kontrolle wegen nahm ich bei einigen Gelegenheiten mit verschiedenen Wasserschöpfern aus derselben Tiefe Proben, deren Salzgehalt nach der Rückkehr bestimmt wurde. In der folgenden Tabelle habe ich diese Bestimmungen nebst den Salzgehalten des Oberflächenwassers der betreffenden Stationen zusammengestellt.

	Datum 1898	Station	Tiefe in m	Salzgehalt ‰	Komparation No
	10. Juni	C	0	35,08	
PETTERSSONS Wasserschöpfer	»	»	50	35,13	1
Thermometerwasserschöpfer	»	»	50	35,13	1
	24. Juni	G	0	34,09	
EKMANS Wasserschöpfer	»	»	112	34,89	2
Bodenwasserschöpfer	»	»	127	34,94	2
	24. Juli	I	0	32,27	
Thermometerwasserschöpfer	»	»	300	35,00	3
EKMANS Wasserschöpfer	»	»	390	34,94	3
Bodenwasserschöpfer	»	»	405	35,10	3
	29. Juli	O	0	33,81	
EKMANS Wasserschöpfer	»	»	50	34,94	4
Thermometerwasserschöpfer	»	»	50	34,96	4
	4. Sept.	V	0	35,05	
EKMANS Wasserschöpfer	»	»	300	35,18	5
Thermometerwasserschöpfer	»	»	300	35,18	5

[1] Handbuch der nautischen Instrumente. Zweite Aufl., Seite 180. Berlin 1890.
[2] Ebenda, Seite 174.
[3] K. Sv. Vet. Akad. Handl. Bd 25, I, 1892, Seite 12.

Die Komparationen No 1 u. 5 beweisen nicht viel, weil der Salzgehalt der betreffenden Stationen in allen Tiefen sehr gleich war. Die Komparation 2 beweist auch nicht viel, weil die beiden Wasserproben nicht aus derselben Tiefe stammten; der Bodenwasserschöpfer schloss sich nämlich etwa $^1/_2$ m oberhalb des Bodens, während EKMANS Wasserschöpfer etwa 15 m emporgewunden werden musste, ehe er sich schloss. Aus den Komparationen 3 und 4 scheint dagegen unzweideutig hervorzugehen, dass EKMANS Wasserschöpfer hinsichtlich der Abdichtung sowohl dem Thermometerwasserschöpfer als dem Bodenwasserschöpfer nachstand.

Wegen der etwas verschiedenen Zuverlässigkeit der Wasserschöpfer ist in der Tabelle der Salzgehalte für jede Probe der Name des dafür benutzten Wasserschöpfers mitaufgeführt.

Die Thermometer.

Die Expedition verfügte für die Bestimmungen der Meerestemperatur über mehrere Thermometer. Es waren dies:

Drei NEGRETTI & ZAMBRAS *Umkehrthermometer* und ein hierfür passender MAGNAGHIS *Umkehrapparat.* Letzterer gehörte dem hydrographisch-meteorologischen Bureau zu Stockholm und wurde der Expedition freundlichst geliehen. Ein Thermometer hatte den Fehler, dass, wenn er in umgekehrter Stellung etwas geschüttelt wurde, das Quecksilber aus dem Reservoir floss und das Rohr füllte. Dieser Thermometer wurde deshalb nicht benutzt. Die beiden übrigen, von der Expedition neu eingekauften funktionierten gut. Denselben waren zwei vom Kewer Observatorium erlassene Korrektionstabellen beigegeben.

Sechs KNUDSENS *Umkehrthermometer*[1] und ein für dieselben passender MAGNAGHI*scher Umkehrapparat.* Auch für diese waren die Umkehrvorrichtungen der Thermometerwasserschöpfer berechnet.

Die Thermometer, die sämtlich in Zehntelgrade geteilt waren, trugen die Nummern 29, 30, 31, 32, 33 u. 35. Bei der Prüfung derselben zeigte sich No 29 unbrauchbar, weil die Quecksilbersäule nicht bei einem bestimmten Punkte abriss. Im Wasserbade von $+6°,7$ gab dieser Thermometer z. B. folgende Temperaturen nacheinander an: $+6,5°$, $+7,4°$, $+7,95°$, $+6,8°$, $+7,3°$. Die übrigen KNUDSENschen Thermometer funktionierten dagegen gut, hatten aber geringe, zwischen $+0,1°$ und $+0,2°$ schwankende Nullpunktskorrektionen. Die Ablesungen waren ebenfalls in geringem Masse von der Temperatur der Quecksilbersäule im Beobachtungsaugenblick abhängig und hätten eigentlich für diese Temperatur nach einer den Thermometern beigegebenen Instruktion korrigiert werden müssen. Allein die Zeit der hydrographischen Arbeiten war kurz bemessen, und die Ungeduld der zahlreichen Teilnehmer der Expedition, die ihre Interessen ausschliesslich auf dem festen Lande hatten, gestatteten nicht, die Temperatur der Thermometer selbst durch Einführung derselben in Wasserbäder genau zu bestimmen. Ich musste deshalb auf die letzte Korrektion im allgemeinen verzichten, die dadurch enstandenen Fehler dürften jedoch durchaus belanglos sein, weil die Luft in den Meeresgegenden, wo wir arbeiteten, fast immer

[1] C. F. WANDEL, Report of the voyage. The danish Ingolf Expedition, Vol. I, Part I, S. 9. Kopenhagen 1899.

beinahe ebenso kühl war wie das Meerwasser selbst und die Quecksilberfäden dieser Umkehrthermometer doch nicht immer so genau an demselben Punkte abrissen, dass einige hundertstel Grade gesichert gewesen wären.

Zwei fein geteilte Geissler'*sche Thermometer*, die Professor Otto Pettersson der Expedition gütigst zur Verfügung gestellt hatte. Diese Thermometer wurden sowohl für Petterssons Wasserschöpfer als auch für die Bestimmung der Temperatur der mit einem Eimer heraufgeholten Proben des Oberflächenwassers benutzt.

In der Einleitung wurde erwähnt, dass einige norwegische Eismeerfahrer, die Kapitäne S. Kræmer, J. Kjeldsen und K. Johannesen für die Nathorstsche Expedition bei mehreren Gelegenheiten im selben Sommer 1898 die Temperatur der Meeresoberfläche bestimmten und Wasserproben einsammelten. Die von ihnen benutzten, z. T. ganz einfachen Thermometer wurden sämtlich von mir auf ihre Nullpunktkorrektion hin untersucht.

In den folgenden Tabellen der Temperatur und des Salzgehaltes des Meerwassers sind überall unter Temperatur die Thermometerablesungen nebst der bezüglichen Korrektion verstanden. Die direkten Ablesungen werden im allgemeinen, weil unnötig, nicht mit aufgeführt, nur in den Beobachtungen von Kræmer und Johannesen, die sich eines Réaumur-Thermometers bedienten, werden auch die Ablesungen angeführt, weil in diesem Falle die Korrektion etwas verwickelter ist.

Die Brauchbarheit des Propellers bei hydrographischen Apparaten.

Eine grosse Anzahl von Wasserschöpfern, wie SIGSBEES, WILLES, EKMANS (z. T.), PETTERSSONS, der oben beschriebene Thermometerwasserschöpfer, und auch die meistens benutzten Umkehrapparate für Umkehrthermometer funktionieren mittels Propeller. In der letzten Zeit hat jedoch der russische Forscher N. KNIPOWITSCH verschiedenes gegen die Benutzung der Propellerverschlüsse von hydrographischen Apparaten zu bemerken gehabt. In einer Arbeit über seine Untersuchungen an der Murmanschen Küste äussert er sich in dieser Frage folgendermassen.

»Das Princip des Propellers ist . . . für hydrologische Apparate meiner Meinung nach überhaupt nicht gut, denn der Apparat muss immer eine gewisse Strecke im Wasser gezogen werden, ehe der Propeller mit seinen Flügeln seine Wirkung ausübt. Dabei kommt eine Menge von Fehlerquellen in Betracht. Dreht sich die Schraube ein wenig besser oder schlechter, wird der Apparat schneller oder langsamer durchs Wasser gezogen, ist die See ruhig oder stürmisch — alle diese Umstände beeinflussen im höchsten Grade die Wirkung des Apparates, welcher unter ungünstigen Einflüssen sehr leicht unrichtige Resultate gibt. Besonders wichtig ist dies, wenn man in solchen stürmischen Meeren arbeitet, wie es das Eismeer oder der Nord-Atlantische Ozean sind.

»Wenn die oben angedeuteten Nachteile bei der Anwendung von Propellern schon an den Umkippungs-Thermometern sehr fühlbar sind und derentwegen die Thermometer mit Fallgewicht immer vorzuziehen sind, so spielt dies eine viel grössere Rolle in Bathometern. Der Zweck des Bathometers ist, eine Probe Wasser aus einer bestimmten Schicht zu verschaffen; wenden wir nun einen Bathometer mit Propellerverschluss an, so wissen wir schon a priori, dass wir jedenfalls das Wasser nicht aus der gewünschten Schicht, sondern aus höher liegenden bekommen. In vielen Fällen ist dies schon sehr nachteilig, da die Schichten oft sehr scharf von einander abgegrenzt sind und ein Unterschied in der Tiefe von 1—2 Metern keineswegs geringe Bedeutung hat. Müssen wir nun bei Seegang arbeiten, wie ja so oft der Fall ist, so wird ein Bathometer mit Propeller-Verschluss so gut wie vollständig unbrauchbar. Ehe der Apparat in die gewünschte Tiefe kommt, kann das Schiff durch die Wellen so stark und schnell gehoben werden, dass der Bathometer sich schliesst und man ganz unrichtige Resultate bekommt.»

Wegen dieser Übelstände veränderte KNIPOWITSCH den PETTERSSONschen Wasserschöpfer in der Weise, dass er den Flügel desselben durch eine Einrichtung mit Fallgewicht ersetzte. Unzweifelhaft ist jedoch KNIPOWITSCHS Darstellung der Nachteile der Propellerverschlüsse und Vorteile der Verschlüsse mit Fallgewichten übertrieben.

Dass der mit Propeller versehene Wasserschöpfer oder Umkehrapparat eine gewisse Strecke durch das Wasser gezogen werden muss, ehe er sich schliesst, ist an und für sich kein wesentlicher Übelstand, wenn man nur ermittelt hat, wie lang diese Strecke ist, was nicht weiter schwer ist. Wenn diese Strecke z. B. 5 m beträgt und man eine Probe aus der Tiefe von 100 m wünscht, muss man selbstverständlich den betreffenden Apparat bis zu 105 m hinabsenken. Wenn der Wasserschöpfer, solange er noch nicht geschlossen ist, wie EKMANS, PETTERSSONS und der Thermometerwasserschöpfer, vollkommen von dem Wasser durchströmt wird, durch welches er gezogen wird, so bekommt man die Probe aus der ungefähr gewünschten Tiefe. Auch bei den Umkehrthermometern dürften keine grösseren Fehler vorkommen, wenn sie sich schnell accomodieren, was wenigstens bei den Umkehrthermometern von NEGRETTI & ZAMBRA der Fall zu sein pflegt. Die Wellenbewegung kann ein vorzeitiges Auslösen des Verschlusses während des Hinablassens nicht verursachen, denn erstens dürfte die Lotleine schneller auslaufen als das Schiff von den Wellen gehoben wird, zweitens dürfte eine durch den Seegang verursachte Hebung von 5 m nur bei so starken Stürmen vorkommen, dass hydrographische Untersuchungen nicht mehr ausführbar sind. Übrigens sind viele hydrographische Flügel in der Weise stellbar, dass die zum Auslösen des Verschlusses nötige Einholungsstrecke zwischen ziemlich weiten Grenzen variiert werden kann. Der von mir konstruierte Thermometerwasserschöpfer ist durch Verschieben des Ringes a in dieser Beziehung leicht einzustellen.

Die Länge des Weges, den der Apparat heraufzuziehen ist, ehe er den Verschluss auslöst, ist jedoch nicht ganz konstant, sondern von der Geschwindigkeit des Aufwindens abhängig, wie aus folgenden Erwägungen hervorgeht. Die Zahl (n) der Umdrehungen, die ein durch das Wasser gezogener Flügel in der Zeiteinheit macht, ist nicht der Geschwindigkeit (v) vollkommen proportional, wie folgende Gleichung beweist, in velcher a und b zwei Konstanten sind:

$$v = a + b\,n$$

a bezeichnet hier die kleinste Geschwindigkeit, die nötig ist, um den Flügel in Bewegung zu setzen. In Übereinstimmung mit dieser Gleichung finden wir die Weglänge L, die der Flügel nach N Umdrehungen in der Zeit t gemacht hat durch eine Formel

$$L = a\,t + b\,N$$

Wir sehen, dass das erste Glied der Zeit proportional, das zweite aber von der Zeit und also auch von der Geschwindigkeit unabhängig ist. Wenn wir die Wirkung des Flügels von der Geschwindigkeit des Aufwindens möglichst unabhängig machen wollen, müssen wir uns bestreben, die Konstante a, d. h. die Friktion des Propellers, mög-

lichst gering zu machen. Ich stelle im folgenden einige konkrete Beispiele zusammen, um die Sache besser zu veranschaulichen. Es bedeuten, wie im vorigen:

a die geringste Geschwindigkeit, bei der sich der Flügel dreht;

b eine andere Konstante, die in sämtlichen Beispielen = 0,5 ist;

v die Geschwindigkeit des Aufwindens in m pro Sekunde;

L die Weglänge in m, die der Apparat durch das Wasser gezogen werden muss, um zehn Umdrehungen des Flügels zu bewirken. N ist also in diesen Beispielen konstant und = 10 angenommen.

a	b	v	L
0,1	0,5	0,5	6,25
0,1	»	1	5,56
0,1	»	1,5	5,36
0,1	»	2	5,26
0,4	»	0,5	25,00
0,4	»	1	8,32
0,4	»	1,5	6,81
0,4	»	2	6,24

Es geht aus der Tabelle hervor, dass, wenn die Geschwindigkeit des Aufwindens die Konstante a nur wenig übertrifft, der Wert von L sehr unbestimmt ist und der Flügelverschluss also unsicher funktioniert. Für ein gutes Funktionieren ist es offenbar erforderlich, dass die Geschwindigkeit des Aufwindens *wenigstens* doppelt, am liebsten dreimal so gross ist, wie die geringste den Flügel in Bewegung setzende Geschwindigkeit.

Zweifellos sind die Propeller der meisten hydrographischen Apparate allzu unempfindlich, und die Resultate, die sie bei verhältnismässig langsam gehenden Dampfwindemaschinen geben, werden deshalb ungenau. Man darf aber deswegen die Methode doch nicht als an und für sich unbrauchbar oder unwissenschaftlich verwerfen. Nachdem nun einmal die Aufmerksamkeit auf die nötigen Vorsichtsmassregeln gelenkt worden ist, darf man wohl bessere Resultate erwarten. Für geringe Tiefen sind zwar die von Arwidson, Knipowitsch u. a. vorgeschlagenen Anordnungen mit fallendem Lot in den meisten Beziehungen besser, aber für die grossen Meerestiefen sind die mit Flügelverschlüssen versehenen Apparate wohl unersetzlich. Diese geben zwar im allgemeinen nicht so genaue Resultate wie die Apparate mit fallendem Lot, der Unterschied dürfte indessen bei den Arbeiten in offener See ohne wesentliche Bedeutung sein, da doch der Seegang unter allen Umständen ein ganz genaues Resultat unmöglich macht, denn die Tiefe, bei welcher der Wasserschöpfer sich schliesst, muss selbstverständlich von der Lage des Schiffes auf den Wellen irgendwie abhängig sein. Um ein möglichst gutes Resultat mit dem Propellerverschluss zu bekommen, muss man aber darauf acht geben, dass der Flügel leichtbeweglich ist und die Dampfwinde die Leine mit genügender Geschwindigkeit aufwindet.

Unter den mit Flügelverschluss versehenen hydrographischen Apparaten, die ich kenne, gibt es nur einen, dessen Flügel leicht genug geht. Es ist dies Ekmans Tief-

wasserschöpfer, Modell No 4.[1] Petterssons Wasserschöpfer von dem Modell, das wir benutzten, hatte dagegen eine so unempfindliche Flügelschraube, dass ich auf die Benutzung desselben verzichten musste, da zudem unsere Dampfwinde sehr langsam arbeitete. Auch die Umkehrapparate von Magnaghi, wie sie für die Umkehrthermometer sowohl von Negretti & Zambra als von Knudsen hergestellt werden, haben allzu träge Propeller, und ich muss sogar gestehen, dass der Flügel der von mir selbst konstruierten Thermometerwasserschöpfer nicht empfindlich genug war.

Durch einige kleine Verbesserungen könnte der Flügel des Thermometerwasserschöpfers empfindlicher gemacht werden, ohne dass im übrigen die Konstruktion wesentlich verändert würde. Erstens könnten die Propellerflügel etwas grösser sein, besonders wenn der Abstand zwischen B und C etwas vergrössert würde, zweitens könnte die Reibung zwischen Hebel h und Achse I (siehe Fig. 3 und 5, Seite 11) durch Verlegung der Drehungsachse des Hebels in der von den Fig. 6 und 7 angedeuteten Weise beträchtlich vermindert werden.

[1] Vergl. Seite 7.

Untersuchung der Wasserproben.

Die chemische Untersuchung der Wasserproben erlaubte die Zeit nicht an Bord selbst zu bewerkstelligen. Für die Bestimmung des Salzgehaltes wurde deshalb eine hinreichende Menge von jeder Probe in gut verschlossenen Flaschen aufbewahrt. Kurz nach der Rückkehr der Expedition bestimmte Fräulein MARIA KINBERG im chemischen Laboratorium der hiesigen Universität den Chlorgehalt sowohl dieser als auch der von den norwegischen Eismeerfahrern gesammelten Wasserproben. Diese Bestimmungen fanden genau nach den titrimetrischen Methoden statt, die PETTERSSON [1] im letzten Jahrzehnt bei seinen hydrographischen Arbeiten angewandt hat und die mit den von mir vor mehr als zwanzig Jahren benutzten beinahe übereinstimmen. Aus den Chlorgehalten berechnete Fräulein KINBERG die Salzgehalte mit Hilfe des Faktors 1,809. Die Chlorgehalte und Salzgehalte sind in den Tabellen auf den Seiten 26—32 zusammengestellt. Für die Stationen, aus denen Serien der Temperatur und des Salzgehaltes (Tabelle Seite 36—39) vorliegen, führe ich auch die mittelst KNUDSENS [2] Tabellen berechneten spezifischen Gewichte der Wasserproben bei ihren eigenen Temperaturen an.

[1] Zur Methodik der hydrographischen Forschung. Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie, Aug. 1898, Seite 4 des Separats.

[2] Hydrographical Tables, Copenhagen 1901.

Zustand der Meeresoberfläche.

Unser Material von Beobachtungen über Temperatur und Salzgehalt der Meeresoberfläche ist ziemlich gross, weil dieselben die Fahrt des Schiffes nicht aufzuhalten brauchten und wir auch Beiträge von einigen norwegischen Eismeerfahrern bekamen. Nach allen diesen in den Tabellen auf den Seiten 26—32 zusammengestellten Beobachtungen habe ich eine Karte (Taf. 2) des Zustandes der Oberfläche der untersuchten Meere konstruiert. Leider sind unsere Beobachtungen über das Oberflächenwasser natürlich nicht gleichzeitig, sondern über die ganze Zeit unserer Reise verteilt gewesen. Um nicht ein zeitlich allzu heterogenes Material zusammenzuführen, habe ich deswegen für die Konstruktion der Karte hauptsächlich nur die in der Zeit vom 1. Juli —6. Sept., d. h. im arktischen Sommer gemachten Beobachtungen benutzt. Besonders war dies in Bezug auf die Temperatur notwendig, da dieselbe ja im Laufe des Sommers eine bedeutende Veränderung erleidet. Rücksichtlich der Salzgehalte war es weniger wichtig, und ich habe deshalb auch die auf die im Juni von Kapitän Kræmer gesammelten Wasserproben gegründeten Bestimmungen für die Karte mitbenutzt. Hierdurch habe ich, hoffentlich ohne erhebliche Fehler zu begehen, unsere Karte des Salzgehaltes der Meeresoberfläche bis zur Südgrenze der Grönland See ausdehnen können.

Es fehlt nicht an älteren kartographischen Darstellungen des Salzgehaltes der Oberfläche des Eismeeres nördlich von Europa. Die älteste dürfte wohl diejenige von Tornöe[1] sein, die auf Grund der Untersuchungen der norwegischen Nordmeer-Expedition von 1878 gemacht worden ist. Die Karte von Tornöe umfasst besonders die Gegenden westlich und südwestlich von Spitzbergen, dagegen fehlen alle Angaben über die Verhältnisse nördlich und östlich von diesem Lande. Eine vollständige Übersichtskarte des ganzen nördlichen Eismeeres, an der für die Monate Juli und August die Verteilung der Temperatur und des Salzgehaltes in kleinem Massstab wiedergegeben wird, gibt Nansen[2] in seinem Werke »The Oceanographie of the North Polar Basin». Für August 1896 hat O. Pettersson[3] eine Karte des nordatlantischen Ozeans und

[1] The Norwegian North-Atlantic Expedition 1876—1878. Chemistry, Map Nr 3.
[2] The Norwegian North-Polar Expedition 1893—1896. Vol. IV Pl. 1.
[3] Die hydrographischen Untersuchungen des Nordatlantischen Ozeans in den Jahren 1895 -1896. Petermanns Mitteilungen etc. Bd 46, 1900, Taf. 2.

der angrenzenden Teile des Eismeeres veröffentlicht, auf der nebst anderen hydrographischen Daten auch die Temperatur und der Salzgehalt des Oberflächenwassers dargestellt sind. Endlich sind die von den russischen Forschern BREITFUSS[1] und KNIPOWITSCH[2] zusammengestellten Strömungskarten zu erwähnen, welche die kalten und warmen Strömungen hauptsächlich der Barentz See darstellen. Obgleich diese Karten die Temperatur und den Salzgehalt nicht direkt angeben, hat doch meine Karte mit den ihrigen viel gemeinsames.

Da so viele ältere kartographische Darstellungen ungefähr denselben Stoff behandeln wie meine hier beigefügte Karte des Salzgehaltes und der Temperatur des Oberflächenwassers, kann dieselbe selbstverständlich in den grossen Zügen kaum viel Neues darbieten, wenn auch in den Details grössere oder geringere Abweichungen vorliegen. Diese haben ihren Grund teils in dem vollständigeren Material, da wohl niemand früher eine so grosse Menge Oberflächenproben aus der betreffenden Meeresgegend zur Verfügung gehabt hat, teils in den jährlichen Schwankungen des hydrographischen Zustandes. Wenn ich nun aber die auffallendsten Züge des hydrographischen Zustandes der Meeresoberfläche im Sommer 1898 hier bespreche, so geschieht es ohne Anspruch darauf, in allen Einzelnheiten etwas Neues zu sagen.

Alles mehr als 35 ‰ Salz enthaltende Wasser dürfte wohl als Golfstromwasser betrachtet werden können. Wir sehen, dass das so beschaffene Wasser innerhalb der Grenzen unserer Karte eine ausgedehnte Fläche bildet, für die nicht nur ein hoher Salzgehalt, sondern auch eine ziemlich hohe Temperatur charakteristisch ist. Dass dieses Wasser ein Ausläufer des Golfstromes ist, unterliegt keinem Zweifel, und es wird auch von allen früheren Forschern so aufgefasst.

Südwestlich von Beeren Eiland spaltet sich dieser warme Strom in zwei Arme: den Murmanschen Strom und den Westspitzbergischen Strom. Ersterer teilt sich gleich westlich von unserem Untersuchungsgebiet nach den Angaben der russischen Hydrographen in vier Arme, die jedoch in unseren Beobachtungsreihen kaum zu spüren sind. Der nördliche Arm des Golfstromes sendet, wie die russischen Forscher nachgewiesen haben, einen Zweig nach den Storfjord hin, wie sehr deutlich aus dem Verlauf der Isothermen hervorgeht. Im Norden läuft das warme und salzhaltige Wasser in eine scharfe Spitze aus, die eine recht grosse Intensität der Strömung andeutet. Möglicherweise hat die Oberfläche des Golfstromes auch im Westen einige Ausläufer; darüber geben unsere in diesem Meere nur sehr spärlichen Daten jedoch keinen sicheren Aufschluss. Mehrere von uns ausgeworfene Flaschenposten[3] deuten aber darauf.

Das Wasser des Golfstromes wird aus verschiedenen Ursachen verdünnt. An der norwegischen Küste mischt es sich mit den Flüssen von dem skandinavischen Kontinent. Dieses kontinentale Mischwasser der norwegischen Küste hat einen zwischen etwa 34,5 und 35,0 ‰ schwankenden Salzgehalt und wenigstens im Sommer eine etwas höhere Temperatur als das reine Golfstromwasser auf demselben Breitengrad. Gegen das Polarwasser ist die Golfstromfläche ebenfalls durch

[1] Ozeanographische Studien über das Barents-Meer. Petermanns Mitteil. Bd 50, 1904, Taf. 3.
[2] Hydrologische Untersuchungen im Europäischen Eismeer. Ann. d. Hydr. Bd 33, 1905, Taf. 0.
[3] Vergl. weiter unten.

einen Saum von Mischwasser abgegrenzt, der aber eine niedrigere Temperatur als sie hat.[1] Die Breite dieses Saumes ist sehr verschieden; wo die Strömungen energisch sind, wie an der Westküste von Spitzbergen, da ist das Übergangsgebiet schmal. Einige ausgedehnte Flächen von 34 ‰ Salzwasser sind vielleicht in der Weise entstanden, dass die obersten Schichten schlechthin von den im hohen Norden durch keine bedeutende Verdunstung kompensierten atmosphärischen Niederschlägen verdünnt werden. Diese Hypothese wäre wohl bei der ausgedehnten Fläche des 34 ‰-Wassers im Westen von Prince Charles Foreland recht annehmbar.

Im Nordwesten der Nordwestspitze von Spitzbergen ist bei mehreren Gelegenheiten ein kleines Gebiet von verhältnismässig hohem Salzgehalt angetroffen worden. Tornöe[2] hat diesen Flecken in seine Karte des Salzgehaltes des europäischen Nordmeeres eingetragen, und Pettersson[3] hat denselben in den von Arrhenius im August 1896 ausgeführten hydrographischen Arbeiten westlich von der Amsterdaminsel wiedergefunden.

Wie meine Karte zeigt, herrschten im Sommer 1898 dieselben Verhältnisse. Auch damals befand sich an der Nordwestecke von Spitzbergen ein kleines Gebiet nicht nur salzhaltigeren sondern auch wärmeren Wassers, das an der Oberfläche durchaus von dem westspitzbergischen Golfstrom durch verdünnteres und kälteres Wasser getrennt zu sein schien. Unsere Untersuchungen konnten sich aber weiter nach Nordosten erstrecken als die von Tornöe und Arrhenius, da wir ja die ganze spitzbergische Inselgruppe umsegelten. Wie aus meiner Karte ersichtlich ist, setzte sich das kleine, verhältnismässig stark salzhaltige und warme Gebiet aus der Nordwestspitze von Spitzbergen ununterbrochen längs der Nordküste bis in die Nähe von Karl XII:s ö fort, d. h. bis etwa 25° östl. Länge und selbst in die Hinloopen Straat scheint ein langer Arm desselben hineingetreten zu sein, wie aus der von Kapitän Kjeldsen genommenen Wasserprobe No 10 hervorgeht, die einen Salzgehalt von 34,16 und eine Temperatur von + 3,2° hatte.

Nach Petterssons Auffassung sollte die kleine Fläche stärkeren Salzgehaltes bei der Nordwestspitze von Spitzbergen an der Oberfläche nicht mit den salzreichen Gewässern südwestlich von Spitzbergen zusammenhängen, dagegen sollten tiefere Schichten eine derartige Verbindung vermitteln, d. h. der an der Westküste von Spitzbergen nach Norden unter der Oberfläche fliessende Arm des Golfstromes sollte im Westen von Amsterdam Eiland aus der Tiefe zum Meeresspiegel emporsteigen, um bald wieder unterzutauchen.

Unsere Beobachtungen bestätigen im grossen und ganzen Petterssons Auffassung. Doch waren im Sommer 1898 die hydrographischen Verhältnisse insofern noch auffallender, als dieser im hohen Norden emportauchende Zweig des Golfstromes sich weit nach Osten verbreitete.

[1] The norwegian North-Atlantic Expedition 1876—1878, Chemistry, Seite 68.

[2] Ebenda, Taf. 1.

[3] Die hydrographischen Untersuchungen des Nordatlantischen Ozeans in den Jahren 1895—1896. Peterm. Mitt. Bd 46, 1900, S. 32.

Nach einer Angabe von KNIPOWITSCH soll auch im Sommer 1899 Golfstromwasser ziemlich weit im Osten, an der Nordküste von Spitzbergen, angetroffen worden sein.[1]

Das in dem Kartengebiet vorkommende Wasser von geringerem Salzgehalt als 34,0 ‰ ist Polarstromwasser oder Fjordwasser, von denen das letztere jedoch eine ganz untergeordnete Rolle spielt. Wenn wir aus der Verbreitung des Polarstromwassers Schlussfolgerungen über die Polarströmungen ziehen dürfen, so würden dies etwa folgende sein:

Das Meer östlich und nordöstlich von Spitzbergen ist an der Oberfläche von Polarwasser bedeckt, das zwei kalte Ströme gegen Süden zu entsenden scheint. Der eine geht südlich von Hopen Eiland in der Richtung auf Beeren Eiland, der andere folgt dem Südufer von Edges Land, füllt den Storfjord, passiert das Süd Kap und zwängt sich dann zwischen den Westspitzbergischen Golfstrom und die Westküste von Spitzbergen.

Der mächtige Polarstrom, der zwischen Spitzbergen und Grönland hervorbricht und den Eismassen des Nordpolarmeeres ihren wichtigsten Ausweg nach Süden bereitet, begrenzt unser Untersuchungsgebiet im Westen und Nordwesten. Wie andere grosse Meeresströme entsendet auch dieser jedenfalls mehrere, wahrscheinlich aber von Zeit zu Zeit schwankende Zweige nach verschiedenen Richtungen. Die Ströme an der Ostküste von Grönland und östlich von Island sind schon längst bekannt und fallen ausserhalb des Rahmens unserer Karte. Die eigentümliche Begrenzung des Polarstromwassers deutet aber auf mehrere andere, wohl meist schwächere Zweige, die sich über das Atlantische Wasser verbreiten. Nach der Grenzlinie könnte man geneigt sein, einen Stromzweig in etwa 76° n. Br. und 5° w. L., einen zweiten in etwa 77° n. Br. und 0° L. und endlich einen dritten in etwa 79½° n. Br. und 5° ö. L. anzunehmen. Dieser letzte Zweig würde derjenige sein, der die kleine Fläche von salzreichem Wasser an Amsterdam Eiland von dem Golfstromwasser im Süden trennt. In seinem Auftreten scheint dieser Polarstromzweig eine gewisse Ähnlichkeit mit dem ostisländischen Polarstrom zu zeigen.

[1] Hydrologische Untersuchungen im Europäischen Eismeer, Ann. d. Hydr. Bd 33, 1905, Seite 204 u. 290.

Tabellen über die Temperatur und den Salzgehalt der Meeresoberfläche.

1. Wasserproben der Expedition.[1]

No	Tag	Uhr	N. Breite	Länge von Greenwich	Temp.	Chlor, Gramm pro Liter	Salz ‰	Bemerkungen
1	Mai 26	0h p. m	57° 47′	10° 45′ O	+10,0°	12,55	22,39	
2	» »	4,75 »	58 3	9 55 »	+ 8,3	17,78	31,44	
3	» »	8 »	58 4	9 12 »	+ 8,17	18,44	32,58	
4	» 27	0 a. m.	57 57	7 59	+ 9,3	14,77	26,25	
5	» »	4 »	57 54	6 52 »	+ 9,4	14,65	26,04	
6	» »	8 »	57 54	6 37 »	+ 8,47	15,40	27,34	
7	» »	0 p. m.	57 42	6 8 »	+ 8,57	19,59	34,55	
8	»	4,75 »	57 50	6 0	+ 8,70	19,12	33,75	
9	» »	8 »	58 6	5 45 »	+ 8,12	17,68	31,27	
10	» 28	0 a. m	58 18	5 35	+ 8,70	14,95	26,56	
11	»	4 »	58 12	5 10	+ 8,56	16,00	28,38	
12		8 »	58 14	4 40 »	+ 8,80	18,03	31,88	
13	»	2 p. m.	58 41	4 34	+ 8,45	18,81	33,21	
14	» »	8 »	59 3	4 32 »	+ 8,30	18,74	33,10	
15	» 29	0 a. m.	59 24	4 30 »	+ 8,70	18,61	32,87	
16	» »	4 »	59 47	4 29 »	+ 8,89	18,47	32,63	
17	» »	9	60 13	4 24 »	+ 8,35	18,90	33,37	
18	» »	0 p. m.	60 51	4 40 »	+ 8,07	18,90	33,37	
19	»	5 »	61 15	4 30 »	+ 8,05	18,92	33,40	
20	» »	9 »	61 40	4 20 »	+ 7,05	18,99	33,52	
21	30	0 a. m.	62 3	4 20	+ 7,23	19,17	33,83	
22	»	4 »	62 24	4 30 »	+ 7,04	18,72	33,06	
23	»	8	62 41	5 0	+ 7,47	19,13	33,76	
24	» »	0 p. m.	63 13	5 15	+ 8,17	19,61	34,59	
25	»	4 »	63 32	5 40 »	+ 8,65	19,44	34,29	
26	»	8 »	63 52	6 5 »	+ 8,00	19,61	34,59	
27	31	0 a. m	64 13	6 31 »	+ 8,27	19,83	34,96	
28		4 »	64 30	6 55 »	+ 8,06	20,03	35,31	
29	» »	9 »	64 45	7 34 »	+ 8,15	20,01	35,27	
30	»	0 p. m.	65 19	8 20 »	+ 8,38	20,08	35,40	
31	» »	4 »	65 34	8 45	+ 8,83	19,88	35,05	

[1] Die Oberflächenproben der Stationen der Tiefseeuntersuchungen sind hier nicht mitaufgeführt, sondern finden sich nur in der Tabelle auf den Seiten 36—39.

No	Tag	Uhr	N. Breite	Länge von Greenwich	Temp.	Chlor, Gramm pro Liter	Salz ‰	Bemerkungen
32	Mai 31	8h p. m.	65° 47′	9° 10′ O	+ 9,01°	19,69	34,72	
33	Juni 1	0 a. m.	66 8	9 37 »	+ 8,40	19,98	35,22	
34	» »	4 »	66 25	10 3 »	+ 8,32	20,05	35,34	
35	» »	9 »	66 42	10 30 »	+ 8,53	19,70	34,74	
36	» »	0 p. m.	67 19	10 35 »	+ 8,29	19,54	34,47	
37	» »	4 »	67 30	10 50 »	+ 7,59	19,39	34,21	
38	» »	8 »	67 45	11 15 »	+ 7,79	19,49	34,38	
39	» 2	0 a. m.	67 57	11 37 »	+ 7,84	19,69	34,72	
40	» »	4 »	68 18	12 35 »	+ 7,56	19,54	34,47	
41	» »	8 »	68 30	13 10 »	+ 7,55	19,49	34,38	
42	» »	0 p. m.	68 49	13 50 »	+ 7,70	19,39	34,21	
43	» »	4 »	69 2	14 43 »	+ 8,53	19,40	34,22	
44	» »	9 »	69 15	15 25 »	+ 7,35	19,43	34,26	
45	» 9	8,7 a. m.	70 29	20 47 »	+ 6,72	19,66	34,67	
46	» »	0 p. m.	70 40	20 52 »	+ 7,55	19,71	34,76	
47	» »	8 »	70 54	20 43 »	+ 7,15	19,75	34,83	
48	» 10	0 a. m.	70 59	21 3 »	+ 6,76	19,87	35,03	
49	» »	4 »	71 6	21 41 »	+ 6,58	19,97	35,20	
50	» »	8 »	71 10	21 31 »	+ 6,71	19,96	35,18	
51	» »	8 p. m.	71 42	22 35 »	+ 6,40	19,93	35,13	
52	» 11	0 a. m.	71 51	22 20 »	+ 6,34	19,91	35,10	
53	» »	4 »	72 2	22 0 »	+ 5,94	20,00	35,26	
54	» »	8 »	72 10	21 46 »	+ 5,53	19,98	35,22	
55	» »	0 p. m.	72 26	22 14 »	+ 5,77	20,00	35,26	
56	» »	4 »	72 45	23 0 »	+ 5,40	20,00	35,26	
57	» »	8 »	73 3	23 28 »	+ 5,15	20,05	35,34	
58	» 12	0 a. m.	73 15	24 0 »	+ 4,93	20,00	35,26	
59	» »	4 »	73 20	24 40 »	+ 4,55	19,98	35,22	
60	» »	4 p. m.	73 32	22 35 »	+ 5,13	19,98	35,22	
61	» »	9 »	73 50	21 25 »	+ 2,40	19,87	35,03	
62	» 13	0 a. m.	74 4	20 30 »	+ 0,41	19,74	34,81	
63	» 20	8 p. m.	74 53	20 17 »	+ 0,16	19,70	34,74	
64	» 21	0 a. m.	75 10	21 7 »	+ 0,25	19,62	34,60	
65	» »	4 «	75 25	21 50 »	+ 0,23	19,57	34,52	
66	» »	4 p. m.	76 10	25 23 »	+ 0,24	19,36	34,16	
67	» »	9 »	76 27	25 55 »	+ 0,24	19,07	33,66	
68	» 22	0 a. m.	76 40	26 52 »	— 0,06	18,92	33,40	
69	» »	4 »	76 43	26 15 »	+ 0,05	19,33	34,11	
70	» »	11 »	76 45	26 0 »	+ 0,80	19,30	34,05	
71	» »	4 p. m.	76 45	26 0 »	— 0,30	19,33	34,11	
72	» 23	0 a. m.	76 50	25 53 »	— 0,64	19,25	33,97	
73	» »	4 »	77 12	26 15 »	— 0,69	19,00	33,54	
74	» »	8 »	77 20	26 50 »	— 0,53	19,06	33,64	
75	» »	4 p. m.	77 21	27 55 »	+ 0,13	18,93	33,42	Im Treibeise.
76	» »	8 »	77 15	27 10 »	+ 0,97	18,76	33,13	» »
77	» 24	0 a. m.	77 5	26 27 »	— 0,95	18,37	32,46	»
78	» »	4 »	76 58	25 45 »	— 0,38	19,26	33,99	Eisfreies Fahrwasser.

No	Tag	Uhr	N. Breite	Länge von Greenwich	Temp.	Chlor, Gramm pro Liter	Salz ‰	Bemerkungen
79	Juni 24	9h a. m	76° 48′	24° 15′ O	+ 1,42	19,21	33,90	Im Treibeise.
80	» »	1 p. m.	76 33	24 12 »	+ 1,77	19,20	33,88	Eisfreies Fahrwasser.
81	» »	5 »	76 30	23 50 »	— 0,28	18,56	32,79	Ausserhalb der Eiskante.
82	» 25	0 a. m.	76 42	20 0 »	+ 2,22	19,26	33,99	
83	» »	4 »	76 46	18 55 »	+ 1,53	19,08	33,68	
84	» »	9 »	76 45	18 2 »	— 0,04	17,87	31,60	Im Treibeise.
85	» »	9 p. m.	76 34	17 24 »	+ 0,60	19,18	33,85	
86	» 26	0 a. m.	76 21	16 58 »	+ 1,37	19,04	33,61	
87	» »	4 »	76 24	16 4 »	+ 1,11	19,17	33,83	
88	» »	4 p. m	76 54	15 5 »	+ 1,20	19,39	34,21	
89	» 27	4 a. m.	76 54	15 5 »	+ 0,26	19,36	34,16	
90	» »	4 p. m.	77 2	14 45 »	+ 2,08	19,24	33,95	
91	Juli 25	9 a. m.	78 19	9 10 »	+ 5,35	19,58	34,53	
92	26	1 »	78 13	7 30 »	+ 5,34	19,82	34,94	
93	» »	4 »	78 9	7 0 »	+ 4,97	19,75	34,83	
94	» »	8 »	78 3	6 0 »	+ 4,64	19,75	34,83	
95	» »	0 p. m.	77 53	5 3 »	+ 4,78	19,63	34,62	
96	» »	5 »	77 45	4 10 »	+ 4,05	19,47	34,35	
97	» 28	4 a. m.	77 47	0 17 »	+ 3,44	18,71	33,08	
99	» 29	0 p. m.	78 1	4 9 W	+ 2,40	18,82	33,23	Treibeis in Sicht.
100	» »	4 »	78 1	4 9 »	+ 3,95	19,34	34,62	» » »
101	» 30	1 »	78 16	2 57 »	+ 1,10	18,16	32,10	Zerstreutes Treibeis.
102	» »	4 »	78 15	1 48 »	+ 4,43	19,46	34,33	Ausserhalb des Treibeises.
103	» »	8 »	78 12	0 17 »	+ 4,59	19,61	34,59	
104	» 31	0 a. m.	77 59	0 59 O	+ 4,25	19,54	34,47	
105	» »	4 »	77 54	1 55 »	+ 4,61	19,49	34,38	
106	» »	8 »	77 40	3 10 »	+ 5,16	19,70	34,74	
107	» »	8 p. m.	77 14	6 34 »	+ 5,35	19,75	34,83	
108	Aug. 1	0 a. m.	77 7	7 30 »	+ 6,24	19,87	35,03	
109	» »	4 »	77 2	9 0 »	+ 5,67	19,76	34,84	
110	» »	8 »	76 57	10 10 »	+ 6,42	19,96	35,18	
111	» »	0 p. m.	76 36	12 8 »	+ 7,38	19,95	35,17	
112	2	0 a. m.	76 33	12 39 »	+ 6,97	19,95	35,17	
113	» »	4 »	76 28	13 48 »	+ 7,35	19,91	35,10	
114	» »	0 p. m.	76 18	16 48 »	+ 4,94	19,04	33,61	
115	» »	4 »	76 25	18 13 »	+ 4,10	19,19	33,87	
116	» »	8,5 »	76 34	19 50 »	+ 4,55	19,33	34,11	
117	» 3	0 a. m.	76 40	21 10 »	+ 3,06	19,26	33,99	
118	» »	4 »	76 46	22 32 »	+ 1,39	—	—	Im Treibeise.
119	» »	8 »	77 3	23 35 »	+ 3,94	19,56	34,50	
120	» »	0 p. m.	77 16	23 59 »	+ 0,85	17,73	31,36	Zerstreutes Treibeis.
121	» »	4 »	77 32	25 0 »	+ 3,18	18,55	32,77	
122	» »	9 »	77 46	26 18 »	+ 1,23	17,54	31,03	Zerstreutes Treibeis.
123	» 4	0 a. m.	77 57	26 42 »	+ 0,61	17,29	30,60	» »
124	» »	4 »	78 15	27 30 »	+ 2,39	18,36	32,44	Kein Eis in Sicht.
125	» »	9 »	78 18	28 0 »	+ 2,12	18,72	33,06	
126	» 6	6 p. m.	78 40	27 0 »	+ 1,0	18,69	33,01	Im Hafen bei Nordenskiölds berg, Kung Karls land.

No	Tag	Uhr	N. Breite	Länge von Greenwich	Temp.	Chlor, Gramm pro Liter	Salz ‰	Bemerkungen
126 a	Aug. 13	7h p. m.	78° 49½′	28° 9′ O	+ 1,56°	18,96	33,47	Im Hafen W. v. Kap Altmann, Kung Karls ö.
127	» 15	9,5 a. m.	78 48	32 33 »	+ 1,55	18,83	33,25	Sturm.
128	» »	8,5 p. m.	78 38	34 30 »	+ 1,52	18,84	33,27	»
129	» 16	8,5 a. m.	78 27	32 30 »	+ 1,52	18,98	35,51	»
130	» »	0 p. m.	78 32	31 37 »	+ 1,55	18,90	33,37	
131	» »	4 »	78 42	31 7 »	+ 1,71	18,83	33,25	
132	» 18	8 a. m.	79 36	31 57 »	— 0,70	18,56	32,79	
133	» »	1 p. m.	79 55	32 10 »	— 0,58	18,84	33,27	
134	» 19	4 »	80 20	31 19 »	— 0,10	18,64	32,92	In zerstreutem Eise.
135	» »	8 »	80 27	30 15 »	— 0,90	18,15	32,08	» » »
136	» 20	0 a. m	80 36	29 25 »	— 1,10	18,12	32,03	Im Treibeise.
137	» »	4 »	80 38	28 25 »	— 0,75	18,20	32,17	» »
138	» »	8,5 »	80 45	26 40 »	+ 0,13	18,25	32,25	Eisfreies Fahrwasser.
139	» »	4,5 p. m.	80 51	24 50 »	+ 0,37	18,35	32,43	Im Treibeise.
140	» »	8,5 »	81 8	23 35 »	+ 0,71	18,62	32,89	In zerstreutem Eise.
141	» 21	1 »	80 37	18 50 »	+ 2,42	19,26	33,99	Im Treibeise.
142	» »	5,5 »	80 14	17 42 »	+ 3,70	19,27	34,00	Eisfreis Fahrwasser.
143	» »	8,5 »	80 5	17 18 »	+ 3,77	19,22	33,92	
144	» 24	0 »	80 8	16 32 »	+ 3,44	19,06	33,64	
145	» »	9 »	80 0	14 1 »	+ 2,90	19,33	34,11	
146	» 25	1 a. m.	80 17	13 27 »	+ 2,56	19,25	33,97	In zerstreutem Eise.
147	» »	4 »	80 8	12 5 »	+ 3,42	19,44	34,29	
148	» »	9 »	79 53	11 22 »	+ 2,77	19,15	33,80	
149	» »	0 p. m.	79 53	13 2 »	+ 2,97	19,31	34,07	
150	» 26	0 a. m.	79 53	13 12 »	+ 2,83	19,27	34,00	
151	» »	4 »	79 57	11 30 »	+ 3,09	18,66	32,96	
152	» 27	6 p. m	79 43	10 53 »	+ 3,60	18,90	33,37	In Virgos hamn.
153	» »	9 »	79 53	10 9 »	+ 4,22	19,48	34,36	
154	» 28	4 a. m.	79 44	9 33 »	+ 4,64	19,44	34,29	
155	» »	9 »	79 13	9 30 »	+ 3,78	19,14	33,78	
156	» »	0 p. m.	78 52	9 26 »	+ 3,69	18,83	33,25	
157	» »	4 »	78 32	10 3 »	+ 3,88	19,12	33,75	
158	» »	8 »	78 23	10 23 »	+ 6,06	19,85	35,00	
159	» 29	0 a. m	78 3	11 0 »	+ 6,15	19,87	35,03	
160	» »	9 »	77 38	11 41 »	+ 6,00	19,82	34,94	Sturm.
161	» »	1 p. m.	77 30	11 43 »	+ 5,90	19,93	35,13	»
162	» »	8 »	77 23	10 53 »	+ 5,55	19,90	35,08	»
163	» 30	0 a. m.	77 18	10 24 »	+ 5,51	19,89	31,06	
164	» »	4 »	77 4	8 37 »	+ 5,46	19,90	35,08	
165	» »	9 »	77 0	8 3 »	+ 5,65	19,90	35,08	
166	» »	0 p. m.	76 55	7 31 »	+ 5,50	19,88	35,05	
167	» »	5 »	76 50	7 33 »	+ 5,22	19,76	35,84	
168	» »	8 »	76 38	7 33 »	+ 5,34	19,83	34,96	
169	» 31	0 a. m.	76 31	8 23 »	+ 5,95	19,97	35,20	
170	» »	4 »	76 27	9 20 »	+ 5,62	19,96	35,18	
171	» »	9 »	76 24	10 40 »	+ 5,35	19,90	35,08	
172	» »	0,5 p. m.	76 22	11 20 »	+ 5,55	19,96	35,18	

No	Tag	Uhr	N. Breite	Länge von Greenwich	Temp.	Chlor, Gramm pro Liter	Salz ‰	Bemerkungen
173	Aug. 31	4h p. m.	76° 16′	11° 56′ O	+ 5,94	19,97	35,20	
174	» »	8 »	76 12	12 18 »	+ 6,26	19,97	35,20	
175	Sept. 1	1 a. m.	76 7	12 36 »	+ 6,70	19,97	35,20	
176	» »	4 »	76 6	12 43 »	+ 6,65	19,98	35,22	
177	» »	9 »	76 2	13 8 »	+ 6,61	19,95	35,17	
178	» »	0 p. m.	75 58	13 18 »	+ 6,57	19,95	35,17	
179	» »	4 »	75 40	14 12 »	+ 6,54	19,96	35,18	
180	» 2	9 a. m.	75 50	15 32 »	+ 5,52	19,85	35,00	
181	» »	0 p. m.	75 51	17 9 »	+ 4,75	19,59	34,55	
182	» »	4 »	75 37	16 56 »	+ 5,74	19,92	35,12	
183	» »	8 »	75 24	16 47 »	+ 5,64	19,92	35,12	
184	» 3	0 a. m.	75 9	16 42 »	+ 5,65	19,97	35,03	
185	» »	4 »	74 57	16 45 »	+ 6,39	19,92	35,12	
186	» »	9 »	74 42	16 42 »	+ 7,24	19,94	35,15	
187	» »	0 p. m.	74 29	16 40 »	+ 5,95	19,87	35,03	
188	» »	4 »	74 26	17 59 »	+ 3,36	19,52	34,43	
189	» »	8 »	74 16	19 10 »	+ 2,83	19,47	34,35	
190	» 4	0 a. m.	73 58	19 3 »	+ 5,08	19,65	34,52	
191	» »	4 »	73 36	18 50 »	+ 7,06	19,86	35,01	
192	» »	8 »	73 13	18 35 »	+ 8,38	19,92	35,12	
193	» »	9 p. m.	72 43	18 43 »	+ 8,80	19,85	35,00	
194	» 5	0 a. m.	72 29	18 48	+ 8,87	19,87	35,03	
195	» »	4 »	72 12	18 54 »	+ 8,82	19,90	35,08	
196	» »	9 »	71 57	19 0 »	+ 9,08	19,82	34,94	
197	» »	4 p. m.	71 29	19 25 »	+ 9,46	19,79	34,89	
198	» »	9 »	71 14	19 38 »	+ 9,40	19,79	34,89	
199	» 6	0 a. m.	71 5	19 50 »	+ 9,39	19,72	34,77	
200	» »	4 »	70 47	20 10	+ 9,55	19,76	34,84	
201	» »	9 »	70 23	20 32 »	+ 9,37	19,50	34,40	

2. Wasserproben des Kapitäns Kræmer, Jacht Siggen.

No	Tag	Uhr	N. Breite	Länge von Greenwich	Ablesung am Thermometer	Korrektion des Thermometers	Temp. C.	Chlor, Gramm pro Liter	Salz ‰	Bemerkungen
1	Juni 10	0h p. m.	70° 25′	15° 0′ O	+ 6,2°	+ 0,6	+ 6,8°	19,92	35,12	
2	» 11	0 »	70 35	12 0 »	+ 7,6	+ 1,0	+ 8,6	19,73	34,79	
3	» 12	0 »	70 50	9 0 »	+ 6,5	+ 0,8	+ 7,3	20,03	35,30	
4	» » 11	»	70 40	7 0 »	+ 6,6	+ 0,8	+ 7,4	20,04	35,32	
5	» 13	1 »	70 32	5 30 »	+ 6,5	+ 0,8	+ 7,3	20,01	35,27	
6	» 14	9 a. m.	70 53	7 0 »	+ 6,0	+ 0,6	+ 6,6	20,04	35,32	
7	» »	10,5 p. m.	72 0	2 30 »	+ 5,1	+ 0,4	+ 5,5	20,00	35,25	
8	» 15	0 »	72 25	0 0 »	+ 5,0	+ 0,4	+ 5,4	19,96	35,18	
9	» 16	7 a. m.	72 45	1 0 W	+ 2,5	— 0,2	+ 2,3	19,64	34,64	
10	17	6	72 48	3 0	+ 1,7	— 0,4	+ 1,3	19,65	34,65	

No	Tag	Uhr	N. Breite	Länge von Greenwich	Ablesung am Thermometer	Korrektion des Thermometers	Temp. C.	Chlor, Gramm pro Liter	Salz ‰	Bemerkungen
11	Juni 17	4,5h p.m.	72° 0′	9° 0′ W	+ 1,5°	— 0,5	+ 1,0°	19,70	34,74	
12	» 18	8 a. m.	72 54	10 30 »	+ 1,4	— 0,5	+ 0,9	19,62	34,60	
13	» 19	7 p. m.	72 44	12 0 »	+ 1,1	— 0,6	+ 0,5	17,31	30,64	Nahe am Treibeisrande.
14	» 20	7 »	73 10	10 5 »	+ 0,5	— 0,8	— 0,3	18,97	33,49	Im Treibeise
15	» 22	0 »	73 0	8 0 »	+ 1,0	— 0,6	+ 0,4	18,95	33,46	
16	» 24	8 »	73 15	11 12 »	+ 2,3	— 0,3	+ 2,0	19,25	33,97	Am Treibeisrande.
17	» 27	0 »	75 35	8 5 »	+ 2,2	— 0,3	+ 1,9	18,94	33,44	Im Treibeise.
18	Juli 2	8 »	76 0	6 25 »	+ 1,5	— 0,5	+ 1,0	18,58	32,82	
19	» 4	5 »	75 30	5 17 »	+ 1,0	— 0,6	+ 0,4	18,56	32,79	Nahe am Treibeisrande.
20	» 6	4 a. m.	76 0	3 5 »	+ 1,5	— 0,5	+ 1,0	19,01	33,56	
21	» »	8 p. m.	76 15	2 0 »	+ 1,8	— 0,4	+ 1,4	19,03	33,59	Etwa ½′ vom Treibeisrande
22	» 8	4 »	76 30	3 0 O	+ 4,4	+ 0,2	+ 4,6	19,92	35,12	
23	» 9	0 »	78 10	12 0 »	+ 3,0	— 0,1	+ 2,9	19,29	34,04	
24	» 11	0 a. m.	79 36	10 0 »	+ 2,8	— 0,2	+ 2,6	19,51	34,41	
25	» »	5 p. m.	80 0	16 0 »	+ 3,5	0,0	+ 3,5	19,67	34,69	
26	» 12	0 »	79 35	20 0 »	+ 2,5	— 0,2	+ 2,3	19,06	33,64	In Hinloopen.
27	» 17	6 »	80 30	20 10 »	+ 3,6	0,0	+ 3,6	18,52	32,72	
28	» 19	5 a. m.	80 19	26 10 »	+ 0,1	— 0,9	— 0,8	19,10	33,71	
29	» 25	5,5 p. m.	80 43	25 20 »	+ 1,0	— 0,6	+ 0,4	18,79	33,18	
30	Aug. 2	8 a. m.	80 0	29 0 »	+ 0,5	— 0,8	— 0,3	19,14	33,78	
31	» 8	11,5 p. m	81 4	26 40 »	+ 0,5	— 0,8	— 0,3	18,21	32,18	
32	» 12	0 p. m.	79 12	22 0 »	+ 3,0	— 0,1	+ 2,9	18,68	32,99	
33	» 13	6 a. m.	79 0	26 29 »	+ 3,4	0,0	+ 3,4	18,65	32,94	
34	» »	8 p. m.	78 35	32 25 »	+ 2,4	— 0,3	+ 2,1	18,88	33,34	
35	» 15	0 »	77 0	23 35 »	+ 2,5	— 0,2	+ 2,3	19,21	33,90	
36	» 17	0 a. m.	76 30	24 0 »	+ 3,1	— 0,1	+ 3,0	19,42	34,26	
37	» »	0 p. m.	75 50	24 20 »	+ 3,2	— 0,1	+ 3,1	19,11	33,73	
38	» »	8 »	75 32	23 0 »	+ 3,6	0,0	+ 3,6	19,27	34,00	
39	» 18	4 a. m.	74 55	24 20 »	+ 4,0	+ 0,1	+ 4,1	19,60	34,57	
40	» »	0 p. m.	74 40	24 16 »	+ 6,0	+ 0,6	+ 6,6	19,93	35,13	
41	» »	8 »	74 12	24 30	+ 6,5	+ 0,8	+ 7,3	19,87	35,03	
42	» 19	4 a. m.	73 42	24 41 »	+ 7,3	+ 1,0	+ 8,3	19,90	35,08	
43	» »	0 p. m.	73 24	24 0 »	+ 7,4	+ 1,0	+ 8,4	19,85	35,00	
44	» 20	0 a. m.	73 10	23 30 »	+ 7,3	+ 1,0	+ 8,3	19,80	34,91	
45	» »	8 »	72 0	23 30 »	+ 7,8	+ 1,1	+ 8,9	19,86	35,01	
46	» »	3,5 p. m.	71 10	23 0 »	+ 8,1	+ 1,2	+ 9,3	19,63	34,62	
47	» »	7 »	71 0	23 27 »	+ 8,2	+ 1,2	+ 9,4	19,34	34,12	

3. Wasserproben des Kapitäns J. Kjeldsen, Dampfbark Frithjof.

No	Tag	Uhr	N. Breite	Länge von Greenwich	Temp. C.	Chlor, Gramm pro Liter	Salz ‰	Bemerkungen
1	Aug. 13	8h p. m.	79° 30′	30° 30′ O	— 0,5°	18,37	32,46	
2	» 14	8 a. m.	—	—	— 0,3	18,86	33,80	Hvitön im NO in 4′ Entfernung.
3	» »	8 p. m.	—	—	— 0,5	18,99	33,52	Hvitön im SO in 4′ Entfernung.
4	» 15	0 a. m.	80 45	30 50 »	+ 0,3	18,80	33,20	
5	» 16	3 »	81 0	32 20 »	— 1,0	18,35	32,43	
6	» 17	8 »	80 30	27 30 »	+ 1,0	19,10	33,71	
7	» 18	8 »	80 36	26 40 »	— 0,2	18,43	32,56	
8	» 18	1,5 p. m.	81 7	26 45 »	— 0,8	19,09	33,69	
9	» 18	10 »	80 34	22 45 »	+ 2,2	19,50	34,40	
10	» 21	8 »	79 30	19 50 »	+ 3,2	19,36	34,16	
11	» 22	0 »	80 15	13 45 »	+ 3,2	19,52	34,43	
12	» 24	8 a. m.	77 15	13 40 »	+ 3,0	18,67	34,69	
13	» 25	0 p. m.	75 35	14 7 »	+ 4,2	19,89	35,06	
14	» 26	0 »	74 28	14 39 »	+ 4,4	19,92	35,12	
15	» 27	8 a. m.	72 45	18 20 »	+ 7,8	19,92	35,12	
16	» 28	4 »	71 55	20 7 »	+ 8,8	19,78	34,88	

4. Wasserproben des Kapitäns K. Johannesen, Jacht Avance.

No	Tag	Uhr	N. Breite	Länge von Greenwich	Ablesung am Thermometer	Korrektion des Thermometers	Temp. C.	Chlor, Gramm pro Liter	Salz ‰	Bemerkungen
1	Juli 12	—	78° 0′	20° 0′ O	2,0°	+ 1,4	+ 3,4°	18,58	32,82	
2	» 26	—	77 50	25 0 »	0,0	+ 0,9	+ 0,9	19,29	34,04	
3	» 27	—	78 0	25 30 »	2,0	+ 1,4	+ 3,4	18,80	33,20	
4	Aug. 4	—	78 50	31 0 »	1,0	+ 1,2	+ 2,2	18,55	32,77	
5	» 11	—	77 20	24 40 »	1,5	+ 1,3	+ 2,8	18,12	32,03	

Die hydrographischen Verhältnisse der tieferen Schichten.

Im Anschluss an die jetzt gegebene Darstellung der Temperatur, des Salzgehaltes und der wahrscheinlichen Strömungen der Meeresoberfläche will ich hiermit versuchen, eine ähnliche Schilderung der tieferen Schichten zu geben, soweit es unsere Untersuchungen gestatten.[1]

Der Golfstromzweig zwischen Nordkap und Beeren Eiland besteht seiner ganzen Masse nach aus atlantischem Wasser, wenn wir von dem aus den norwegischen Fjorden stammenden Küstenwasser absehen. Das geht aus den an den Stationen B, C, D, V, X u. Y vorgenommenen Tiefwasseruntersuchungen durchaus deutlich hervor.

Die Expedition befuhr zweimal das Meer zwischen Norwegen und Beeren Eiland, nämlich Anfang Juni und Anfang September. Die Route war zwar nicht beidemale ganz dieselbe, einige Stationen haben jedoch eine zur Längsachse des Golfstromes so analoge Lage, dass die hydrographischen Verhältnisse derselben wohl beinahe identisch gewesen wären, wenn nicht der Unterschied der Zeit hinzugekommen wäre. Ich stelle die an diesen Stationen gesammelten Beobachtungen hier unten zusammen, um den Einfluss der Jahreszeiten besser zu veranschaulichen.

	Station B 9. Juni 1898 70° 51′ n. Br. 20° 45′ östl. L. v. Gr.		Station Y 5. Sept. 1898 71° 19′ n. Br. 19° 32′ östl. L. v. Gr.			Station D 12. Juni 1898 73° 27′ n. Br. 23° 1′ östl. L. v. Gr.		Station V 4. Sept. 1898 73° 5′ n. Br. 18° 27′ östl. L. v. Gr.	
Tiefe	Temp.	Salzgehalt	Temp.	Salzgehalt	Tiefe	Temp.	Salzgehalt	Temp.	Salzgehalt
0m	+ 7,4°	34,76 ‰	+ 9,4°	34,84 ‰	0m	+ 4,3°	35,17 ‰	+ 9,0°	35,05 ‰
50	+ 5,7	34,83	+ 7,9	34,98	50	+ 4,1	35,12	+ 6,9	35,10
100	—	—	+ 6,7	35,12	100	+ 3,7	—	+ 5,9	35,18
150	+ 5,5	35,05	—	—	200	+ 2,9	35,06	+ 5,2	35,20
200	+ 5,2	35,12	—	—	300	+ 2,3	—	+ 4,9	35,18
216	—	—	+ 6,0	35,20	402	—	—	+ 2,2	35,17
					459	+ 2,9	35,10	-	—

Aus diesem Vergleich geht unzweifelhaft hervor, dass im Laufe des Sommers nicht nur die Temperatur, sondern auch der Salzgehalt wenigstens in tieferen Schichten bedeutend gestiegen ist, was eine vergrösserte Wirksamkeit des Golfstromes andeutet.

[1] Betreffs der Versuchsdaten verweise ich auf die Tabelle auf den Seiten 36—39.

Der kalte Beeren Eiland-Strom, der südlich von Hopen Eiland aus dem ostspitzbergischen Polarmeer kommt und Beeren Eiland umschliesst, scheint in seinem südwestlichen Teile mit der Begrenzung der Beeren Eiland-Bank zusammenzufallen. Dieser Strom scheint deshalb kaum über einer grösseren Tiefe aufzutreten. Wir bekamen bloss eine Lotung in demselben, nämlich an der Station E, wo die Tiefe nur 80 m betrug. In allen Niveaus wurde nur Wasser von niedriger Temperatur und ziemlich geringem Salzgehalt angetroffen, weshalb der Strom wohl als ein ziemlich homogener Polarstrom betrachtet werden kann.

Der andere aus dem ostspitzbergischen Polarmeer kommende Zweig, der den südspitzbergischen Polarstrom bildet, scheint ebenfalls hauptsächlich an seichteres Wasser gebunden zu sein, denn die Senkung zwischen diesen beiden kalten Strömungen wird von einem Golfstromzweig gefüllt, wie sowohl die Untersuchungen der Oberfläche als die der Station G beweisen, wo in allen Tiefen nur Temperaturen über 0° gefunden wurden, obgleich die Gegend zwischen zwei kalte Strömungen eingezwängt liegt.

In dem seichten Meere östlich von Spitzbergen wurde das Tiefwasser im ganzen nur dreimal untersucht, nämlich an den Stationen F, Q und R. In allen Schichten, mit Ausnahme der obersten, wurden nur Kältegrade beobachtet und keine sicheren Spuren untergetauchter Golfstromzweige gefunden.

Die Station H liegt an der Grenze des kalten Südkapstromes und des westspitzbergischen Golfstromarmes. Die oberen Schichten gehören offenbar zu jenem, die unteren zu diesem.

In dem westspitzbergischen warmen Strom wurden die tieferen Lagen zweimal untersucht, nämlich an den Stationen P und U. Aus den Daten der Tabelle Seite 38 findet man, dass das atlantische Tiefwasser bis zu etwa 600—700 m hinabreicht, unter welchem Niveau das polare Tiefwasser beginnt.

In dem kleinen, westlich von Amsterdam Eiland auftauchenden Golfstromgebiet erhielt ich nur eine Tiefwasserstation T. Wir finden hier ebenso hohe Salzgehalte, wie in weit südlicheren, unzweifelhaften Golfstromzweigen, und Temperaturen, die ebenfalls auffallend hoch sind. Aus den Verzweigungen dieser kleinen Warmwasserfläche nördlich von Spitzbergen habe ich nur Oberflächenbeobachtungen, aber noch an der Station S, etwa $^1/_2$ Breitengrad nördlich von der Nordküste des spitzbergischen Nordostlandes, spüren wir die Wirkungen der Warmwasserarea. Obgleich diese Station zwischen Treibeisfeldern lag, ist die Temperatur doch, abgesehen von den obersten Schichten, in Anbetracht der hohen nördlichen Lage (81° 14′), auffallend hoch, bis + 3,5° in 30 m Tiefe.

Während unsere Stationen für Tiefwasseruntersuchungen im allgemeinen ziemlich vereinzelt liegen und deshalb wenig für die Konstruktion hydrographischer Schnitte geeignet sind, bilden dagegen die Stationen I bis N eine einigermassen zusammenhängende Reihe von Beobachtungen zwischen der Mündung des Ice sound und dem treibeisgefüllten ostgrönländischen Polarstrom im Westen davon. Die Beobachtungen an diesen Stationen habe ich deshalb zu einem hydrographischen Durchschnitt zu-

sammegestellt. Dieser ist in der Tafel 3 wiedergegeben. Über die Konstruktion dieses Durchschnittes sei zunächst folgendes bemerkt.

Da die Stationen nicht in einer geraden ost-westlichen Linie liegen, habe ich sie auf einen gemeinsamen Breitengrad projiziert, und die x-Achse des Diagramms bedeutet deshalb schlechthin nur Längengrade, während die y-Achse die Tiefe wiedergiebt. Die Station N ist durch einige aus der benachbarten Station O geholten Angaben vervollständigt worden. Die in den tieferen Schichten gefundenen Salzgehalte zeigen so geringe Schwankungen unter oder über 35,00 ‰, dass dieser Wert hier wohl keine Grenze zwischen Wasserarten verschiedener Herkunft darstellt. Teils deswegen, teils auch weil die Differenzen meistens so gering sind, dass sie innerhalb der Versuchsfehler liegen, und die Grenze für 35 ‰ also unter allen Umständen äusserst unsicher wäre, habe ich den Salzgehalt der tieferen Schichten nicht durch Farben bezeichnen wollen. Der Durchschnitt giebt zu folgenden Bemerkungen Veranlassung.

Auf dem Grunde der spitzbergischen Küstenbank ruht Golfstromwasser von etwa 3° Wärme und 35,1 ‰ Salz. Darüber kommen leichtere Wasserarten, die wenigstens zum Teil als Fjordwasser anzusehen sind, aber wegen ihres Zusammenhanges mit dem südspitzbergischen Polarstrom und dem grossen Polarstromarm im Nordwesten von Prince Charles Foreland vielleicht auch zum Teil polarer Herkunft sein können.

Westlich von der Küstenbank sind die Verhältnisse etwas verwickelt, weil der Schnitt an der Station M einen von Süden kommenden Ausläufer des grönländischen Polarstromes passiert. An dieser Station werden deshalb verdünntes Oberflächenwasser und in geringer Tiefe auch niedrige Temperaturen angetroffen. Jedoch kommen auch zwischen kältere Wasserschichten eingeschaltete Kerne von höheren Temperaturen vor. Zur Kontrolle wurden die Temperaturen in 50 und 500 m Tiefe zweimal bestimmt, und zwar mit gleichem Resultat. Auch ältere Beobachtungen haben bekanntlich ein solches fingerartiges Ineinandergreifen von kälteren und wärmeren Wasserschichten in den Grenzgebieten des Polarstromes ergeben.[1]

Die grossen Meerestiefen westlich von Spitzbergen haben eine Temperatur von etwa — 1,3°. Beinahe dieselbe Temperatur fand auch die norwegische Nordmeerexpedition 1878, die in derselben Gegend zahlreiche Temperaturreihen aufnahm,[2] und wir dürfen wohl daraus schliessen, dass die Temperatur dieser Meerestiefen in den seitdem verflossenen zwanzig Jahren sich nicht merklich geändert hat. Der Salzgehalt dieses kalten Bodenwassers ist beinahe genau 35,00 ‰.

An den Stationen L, N und O sind die oberen Schichten gewiss als Ausläufer des Golfstromes zu betrachten. Gleich westlich von der Station N nimmt das verdünnte und kalte Wasser des Grönländischen Polarstromes seinen Anfang, wie die Beobachtungen an der Oberfläche beweisen.

[1] Ein besonders eklatantes Beispiel für dieses Verhalten findet man in dem Durchschnitt H, Taf. 3, der Abhandlung: H. Mohn, Die norwegische Nordmeer-Expedition. Petermanns Mittheilungen. Ergänzungsheft Nr 63.

[2] Ebenda Durchschnitt C und D.

Tabelle der Lotungen und der vertikalen Reihen der Temperatur und des Salzgehaltes.

Station Litt.	Tag	Uhr	N. Breite	Länge von Greenwich	Tiefe des Meeres (m)	Tiefe der Probe (m)	Temperatur	Chlor, Gramm pro Liter	Salz ‰	$S\frac{t}{4}$	$S\frac{0}{4}$	Wasserschöpfer
A	Mai 27	2h p. m.	57° 46′	6° 0′ O	260	0	+ 8,7°	18,76	33,13	1,02572	1,02662	
»	»		»	» »	»	260	+ 6,5	19,92	35,12	1,02759	1,02822	B
B	Juni 9	5 »	70 51	20 45 »	203	0	+ 7,4	19,71	34,76	1,02719	1,02793	
			»	» »	»	25	+ 8,6	—	—	—	—	Th
						50	+ 5,7	19,75	34,83	1,02748	1,02799	P
»	»		»	» »	»	150	+ 5,5	19,88	35,05	1,02767	1,02816	P
			»	» »	»	200	+ 5,2	19,92	35,12	1,02776	1,02822	
C	Juni 10	2 »	71 35	22 46 »	355	0	+ 6,7	19,90	35,08	1,02754	1,02819	
			»	» »	»	50	+ 5,4	19,93	35,13	1,02775	1,02823	P u. Th
			»	» »	»	100	+ 4,9	19,92	35,12	1,02780	1,02822	P
			»	» »	»	200	+ 4,3	19,88	35,05	1,02781	1,02816	Th
						300	+ 3,9	19,89	35,06	1,02786	1,02817	P
			»	» »	»	350	+ 4,1	19,91	35,10	1,02788	1,02821	B
D	Juni 12	9 a. m.	73 27	23 1 »	460	0	+ 4,3	19,95	35,17	1,02792	1,02827	
»	»		»	» »	»	50	+ 4,1	19,92	35,12	1,02789	1,02822	Th
»	»		»	» »	»	100	+ 3,7	—	—	—	—	
»	»		»	» »	»	200	+ 2,9	19,89	35,06	1,02796	1,02817	Th
»	»		»	» »	»	300	+ 2,3	—	—	—	—	
»	»		»	» »	»	459	+ 2,9	19,91	35,10	1,02800	1,02821	B
E	Juni 21	11 »	75 49	24 25 »	80	0	+ 0,5	19,35	34,14	1,02741	1,02744	
»	»		»	» »	»	25	— 1,0	19,42	34,26	1,02757	1,02753	Th
	»		»	» »	»	50	— 0,3	19,49	34,38	1,02764	1,02763	Th
»	»		»	» »	»	79	— 1,2	19,49	34,38	1,02768	1,02763	B
F	Juni 23	9 »	77 25	27 30 »	160	0	— 0,3	18,70	33,02	1,02654	1,02653	
	»		»	» »	»	10	— 1,0	18,81	33,21	1,02672	1,02668	Th
»	»		»	» »	»	30	— 1,7	19,21	33,90	1,02730	1,02724	E
»	»		»	» »	»	50	— 1,7	19,37	34,17	1,02752	1,02746	Th
»	»		»	» »	»	100	— 0,8	19,49	34,38	1,02767	1,02763	E
						160	— 1,5	19,86	35,01	1,02820	1,02814	B

P = Petterssons Wasserschöpfer; E = Ekmans Wasserschöpfer; Th = Thermometerwasserschöpfer; B = Bodenwasserschöpfer.

Station Litt.	Tag	Uhr	N. Breite	Länge von Greenwich	Tiefe des Meeres (m)	Tiefe der Probe (m)	Temperatur	Chlor, Gramm pro Liter	Salz ‰	S $\frac{t}{4}$	S $\frac{0}{4}$	Wasserschöpfer
G	Juni 24	9h p. m.	76° 40′	23° 12′ O	127	0	+ 2,3°	19,32	34,09	1,02724	1,02739	
»	»		»	» »	»	20	+ 1,3	19,35	34,14	1,02736	1,02744	Th
»	»		»	» »	»	50	+ 0,2	19,51	34,41	1,02763	1,02764	Th
»	»		»	» »	»	100	+ 1,3	19,63	34,62	1,02774	1,02782	E
»	»		»	» »	»	127	+ 1,7	19,82	34,94	1,02797	1,02808	B
H	Juni 26	10 a m.	76 46	15 22 »	210	0	+ 1,0	19,32	34,09	1,02733	1,02739	
»	»		»	» »	»	20	— 0,3	19,38	34,19	1,02749	1,02748	E
»	»		»	» »	»	50	+ 2,5	19,81	34,93	1,02789	1,02807	Th
»	»		»	» »	»	100	+ 2,9	19,87	35,03	1,02794	1,02815	Th
»	»		»	» »	»	150	+ 2,9	19,88	35,05	1,02795	1,02816	E
»	»		»	» »	»	210	+ 3,0	19,92	35,12	1,02800	1,02822	B
»	»		Mündung d. Eisfjords		»							
I	Juli 24	10 »	78 5	13 55 »	405	0	+ 5,1	18,26	32,27	1,02553	1,02593	
»	»		»	» »	»	50	+ 2,2	19,44	34,29	1,02740	1,02755	Th
»	»		»	» »	»	100	+ 2,6	—	—	—	—	
»	»		»	» »	»	200	+ 3,7	19,82	34,94	1,02779	1,02808	E
»	»		»	» »	»	300	+ 3,8	19,85	35,00	1,02783	1,02813	Th
»	»		»	» »	»	405	+ 3,2	19,91	35,10	1,02797	1,02821	B
K	Juli 24	5 p. m	78 4	11 37 »	240	0	+ 5,5	17,91	31,67	1,02501	1,02545	
»	»		»	» »	»	50	+ 3,2	19,74	34,81	1,02774	1,02798	Th
»	»		»	» »	»	100	+ 3,3	19,91	35,10	1,02796	1,02821	Th
»	»		»	» »	»	200	+ 3,2	19,90	35,08	1,02795	1,02819	E
»	»		»	» »	»	240	+ 3,3	19,91	35,10	1,02796	1,02821	B
L	Juli 25	0 »	78 19	8 41 »	2700	0	+ 5,5	19,80	34,91	1,02757	1,02806	
»	»		»	» »	»	50	+ 3,9	19,87	35,03	1,02785	1,02815	Th
						100	+ 2,7	19,85	35,00	1,02794	1,02813	E
»	»		»	» »	»	500	+ 1,8	19,90	35,08	1,02807	1,02819	Th
»	»		»	» »	»	1000	— 0,2	19,86	35,01	1,02815	1,02814	E
	»		»	» »	»	2700	— 1,2	19,87	35,03	1,02820	1,02815	B
M	Juli 26	9 »	77 39	1 18 »	3160	0	+ 3,9	19,04	33,61	1,02672	1,02701	
»	»		»	» »	»	25	+ 3,1	19,53	34,45	1,02746	1,02768	Th
»	»		»	» »	»	50	— 0,2	19,72	34,77	1,02795	1,02794	E
»	»		»	» »	»	100	—	19,76	34,84	—	1,02800	
»	»		»	» »	»	200	+ 0,7°	19,84	34,98	1,02808	1,02812	Th
			»	» »	»	500	— 0,5	19,82	34,94	1,02810	1,02808	E
	»		»	» »	»	1000	+ 0,6	19,82	34,94	1,02804	1,02808	Th
						2000	— 0,9	19,82	34,94	1,02812	1,02808	E
			»	» »	»	3160	—	19,85	35,01	1,02820 [1]	1,02814	B
N	Juli 28	8 »	77 52	3 5 W	2750	0	+ 3,6	19,52	34,43	1,02739	1,02767	
	»		»	» »	»	25	+ 2,8	19,73	34,79	1,02776	1,02796	Th
	»		»	» »	»	100	—	19,90	35,08	—	1,02819	Th
»	»		»	» »	»	500	+ 1,0	—	—	—	—	
»	»		»	» »	»	1000	— 0,4	19,87	35,03	1,02817	1,02815	E
»	»		»	» »	»	2750	— 1,3	19,87	35,03	1,02821	1,02815	B

[1] Bei der Annahme einer Temperatur von — 1,3°.

Station Litt.	Tag	Uhr	N. Breite	Länge von Greenwich	Tiefe des Meeres (m)	Tiefe der Probe (m)	Temperatur	Chlor, Gramm pro Liter	Salz ‰	S_4^t	S_4^0	Wasserschöpfer
O	Juli 29	9h p. m.	78° 13′	2° 58′ W	2690	0	+ 3.1°	19,16	33,81	1,02695	1,02717	
»	»	»	»	»	»	25	+ 2,9	19,61	34,59	1,02759	1,02780	Th
»	»	»	»	»	»	50	+ 2,1	19,83	34,96	1,02795	1,02809	E
»	»	»	»	»	»	100	+ 1,9	19,90	35,08	1,02807	1,02819	Th
»	»	»	»	»	»	500	+ 1,1	19,90	35,08	1,02812	1,02819	E
»	»	»	»	»	»	2000	— 1,3	19,85	35,00	1,02819	1,02813	E
»	»	»	»	»	»	2690	— 1,3	—	—	—	—	B
P	Aug. 1	1	76 36	12 13 O	1770	0	+ 7,1	19,95	35,17	1,02756	1,02827	
»	»	»	»	»	»	25	+ 6,0	19,95	35,17	1,02771	1,02827	Th
»	»	»	»	»	»	50	+ 5,1	19,96	35,18	1,02783	1,02828	E
»	»	»	»	»	»	100	+ 3,8	19,91	35,10	1,02791	1,02821	E
»	»	»	»	»	»	500	+ 2,7	19,94	35,15	1,02806	1,02825	Th
»	»	»	»	»	»	1000	— 0,6	19,90	35,08	1,02822	1,02819	E
»	»	»	»	»	»	1770	— 1,1	19,87	35,03	1,02820	1,02815	B
			Südl. vom Bremersunde		»							
Q	Aug. 8	8 »	78 42	27 18 »	102	0	+ 1,7	18,66	32,96	1,02639	1,02649	
»	»	»	»	»	»	25	+ 0,2	18,83	33,25	1,02671	1,02672	Th
»	»	»	»	»	»	60	— 1,3	19,26	33,99	1,02737	1,02732	E
»	»	»	»	»	»	102	— 1,3	19,40	34,22	1,02754	1,02749	B
			An d. Südwestseite v. Giles Land		»							
R	Aug. 19	10 a. m.	80 5	31 21	44	0	— 0,3	19,13	33,76	1,02714	1,02713	
»	»	»	»	»	»	44	— 0,4	19,31	34,07	1,02740	1,02738	B
S	Aug. 20	11 p. m	81 14	22 50 »	150	0	+ 0,1	18,42	32,55	1,02614	1,02615	
»	»	»	»	»	»	10	+ 2,0	18,96	33,46	1,02675	1,02688	Th
»	»	»	»	»	»	30	+ 3,5	19,54	34,47	1,02744	1,02770	E
»	»	»	»	»	»	50	+ 3,1	19,74	34,81	1,02775	1,02798	Th
»	»	»	»	»	»	100	+ 1,9	19,75	34,83	1,02786	1,02799	E
»	»	»	»	»	»	150	+ 2,2	19,78	34,88	1,02788	1,02803	B
T	Aug. 27	11 »	79 58	9 35	435	0	+ 4,6	19,61	34,59	1,02742	1,02780	
»	»	»	»	»	»	20	+ 5,0	19,68	34,71	1,02747	1,02790	Th
»	»	»	»	»	»	45	+ 5,2	19,95	35,17	1,02782	1,02827	E
»	»	»	»	»	»	100	+ 3,9	19,95	35,17	1,02796	1,02827	Th
»	»	»	»	»	»	200	+ 3,2	19,95	35,17	1,02803	1,02827	E
»	»	»	»	»	»	435	+ 1,7	19,92	35,12	1,02811	1,02822	B
U	Sept. 1	9 »	75 50	15 25	350	0	+ 5,7	19,83	34,96	1,02758	1,02809	
»	»	»	»	»	»	25	+ 5,7	19,85	35,00	1,02761	1,02813	Th
»	»	»	»	»	»	50	+ 6,6	19,86	35,01	1,02751	1,02814	E
»	»	»	»	»	»	100	+ 4,3	19,93	35,13	1,02788	1,02823	Th
»	»	»	»	»	»	200	+ 3,5	19,90	35,08	1,02792	1,02819	E
»	»	»	»	»	»	350	+ 2,9	19,96	35,18	1,02807	1,02828	B
V	Sept. 4	11 a. m.	73 5	18 27	403	0	+ 9,0	19,88	35,05	1,02717	1,02816	
»	»	»	»	»	»	25	+ 8,7	19,88	35,05	1,02722	1,02816	Th
»	»	»	»	»	»	50	+ 6,9	19,91	35,10	1,02753	1,02821	E
»	»	»	»	»	»	100	+ 5,9	19,96	35,18	1,02774	1,02828	E
»	»	»	»	»	»	200	+ 5,2	19,97	35,20	1,02783	1,02829	Th
»	»	»	»	»	»	300	+ 4,9	19,96	35,18	1,02786	1,02828	E

Station Litt.	Tag	Uhr	N. Breite	Länge von Greenwich	Tiefe des Meeres (m)	Tiefe der Probe (m)	Temperatur	Chlor, Gramm pro Liter	Salz ‰	$S\frac{t}{4}$	$S\frac{0}{4}$	Wasserschöpfer
V	Sept. 4	11h a. m.	73° 5′	18° 27′ O	403	350	+ 4,8°	19,93	35,13	1,02782	1,02823	E
»	»		»	» »	»	402	+ 2,2	19,95	35,17	1,02812	1,02827	B
X	Sept. 5	10 »	71 50	19 2 »	235	0	+ 9,2	19,81	34,93	1,02705	1,02807	
				» »	»	25	+ 9,1	19,81	34,93	1,02707	1,02807	Th
»	»		»	» »	»	50	+ 7,1	19,81	34,93	1,02737	1,02807	E
				» »	»	100	+ 6,6	19,98	35,22	1,02766	1,02830	Th
			»	» »	»	200	+ 5,7	19,96	35,18	1,02776	1,02828	E
»	»		»	» »	»	235	+ 5,6	—	—	—	—	
Y	Sept. 5	7 p. m.	71 19	19 32 »	217	0	+ 9,4	19,76	34,84	1,02694	1,02799	
						50	+ 7,9	19,84	34,98	1,02730	1,02812	Th
						100	+ 6,7	19,92	35,12	1,02757	1,02822	E
			»	» »	»	216	+ 6,0	19,97	35,20	1,02773	1,02829	B

Die Tiefe der sog. Schwedischen Tiefe.

Die grossen Tiefen nördlich und westlich von Spitzbergen wurden von der schwedischen Polarexpedition von 1868 entdeckt. Die grösste fand sie in 78° 26′ n. Br. und 2° 17′ w. L. von Gr.; sie sollte 2650 Faden = 4720 m[1] betragen. Auf allen älteren Tiefenkarten ist deshalb an dieser Stelle eine tiefe Senkung des Meeresbodens angegeben.

Die schwedische Polarexpedition von 1898 war für die hydrographische Untersuchung dieser beträchtlichen Meerestiefe speziell ausgerüstet; und zu diesem Zweck hatten wir uns die 5400 m lange Lotleine verschafft. Mit einer gewissen Spannung nahten wir uns dem interessanten Meere, das wir am 28. Juli an der Station N erreicht zu haben glaubten. Ich fand hier aber eine Tiefe von nur 2743 m. Unsere erste Vermutung war nun die, dass unsere geographische Lage eine andere als die berechnete sei, dass sich also wegen Stromversetzung u. s. w. ein grösserer Fehler in unser Besteck eingeschlichen hätte, was nicht unwahrscheinlich war, da wir wegen nebeligen Wetters keine astronomischen Ortsbestimmungen hatten machen können, seitdem wir in der Nacht vom 24.—25. Juli Prince Charles Foreland verlassen hatten. Am folgenden Tage, dem 29. Juli konnte aber eine astronomische Bestimmung sowohl der Breite als der Länge ausgeführt werden, bei der es sich herausstellte, dass wir etwas zu weit nach Südwesten abgetrieben waren. Wegen dieser astronomischen Bestimmung dampften wir dann wieder nach Nordosten, um wenn möglich auf derselben Stelle wie die Expedition von 1868 zu loten. Diese Lotung fand an der Station O unter 78° 13′ n. Br. und 2° 58′ westl. Länge statt und ergab eine Tiefe von nur 2690 m.

Unsere Position stimmte zwar nicht vollkommen mit derjenigen der Expedition 1868 überein, sondern befand sich etwa 20 km südwestlich von derselben. Da es aber höchst unwahrscheinlich ist, dass sich der Meeresboden so weit von der Küstenbank auf 20 km etwa 2000 m senke, müssen wir annehmen, dass die Angabe der Expedition 1868 auf einem Irrtum beruht und dass westlich von Spitzbergen keine so grosse Tiefe wie die von ihr angegebene existiert. Dass die schwedische Expedition von 1868 einen so grossen Fehler hat begehen können, dürfte kein Wunder sein, weil sehr viele

[1] Unter der Voraussetzung, dass »Faden» hier alte schwedische Faden bedeuten, was wohl wahrscheinlich ist. Sind englische Faden gemeint, würde die gefundene Tiefe = 4846 m gewesen sein, welchen Wert man auf den meisten Tiefenkarten findet.

Lotungen, die älter als die der Challenger Expedition von 1872—1876 sind und in grossen Tiefen ausgeführt wurden, eine übertriebene Tiefe angeben. Man hatte nämlich vor dieser Expedition keine eigentliche Methode für das Loten in grossen Tiefen.

Unsere Tiefen wurden, wie schon in der Einleitung angegeben ist, mittels Beobachtung der Auslaufzeiten der Leine bestimmt. Als ein Beweis für die Zuverlässigkeit unserer Lotungen sei hier eine Zusammenstellung der an den Stationen M, N, O und P beobachteten Zeitintervalle für je hundert Meter nach Ablauf der ersten 500 m angeführt.

Umkreis der Leine in der Meeresoberfläche	Marke der Leine	Beobachtetes Zeitintervall zwischen je zwei Marken			
		Belastung 130 kg			Belastung 80 kg
		Station M	Station N	Station O	Station P
22,2 mm	500 m	33s	33s	32s	40s
»	600	34	34	35	43
23,8	700	37	34	36	44
»	800	39	37,5	38	46
	900	39	39,5	40	48
	1000	39	40	40	50
	1100	42	44	42	53
	1200	41	43	43	53
	1300	45	47	46	57
	1400	44	46	46	57
»	1500	47	47	46	59
25,4	1600	46	52	50	59
	1700	48	53	49	83
	1800	51	53	51	131
	1900	52	56	51	
	2000	53	53	55	
	2100	51	56	53	
	2200	52	58	54	
	2300	55	55	57	
	2400	55	59	59	
	2500	54	58	60	
37,0	2600	57	59	66	
	2700	58	90	116	
»	2800	57	126		
»	2900	58			
	3000	56			
	3100	82			
	3200	120			
	3300				
Berechnete Tiefe		3161 m	2754 m	2689 m	1767 m

Aus den beobachteten Zeitintervallen ersieht man unmittelbar, dass der Boden in folgenden Tiefenstufen liegen muss:

Stat. M.	3100—3200 m
» N.	2700—2800
» O.	2600—2700
» P.	1700—1800

Die Berechnung der Anzahl Meter (x), die dem ersten Gliede dieser Differenzen hinzuzufügen ist, um die Bodentiefe zu erhalten, erfolgte nach der oben[1] angeführten Gleichung

$$100\ t_2 = x\,t_1 + (100 - x)\,t_3$$

Die Werte von t_1, t_2 und t_3 der obenstehenden Lotungen sind folgende:

	Stat. M	Stat. N	Stat. O	Stat. P
t_1	58^s	59^s	60^s	59^s
t_2	82	90	66	83
t_3	120	126	116	131

Die hieraus berechneten Tiefen finden sich in der letzten Zeile der Tabelle auf Seite 41.

[1] Seite 5.

Die Flaschenposten.

Die Verwendung von Flaschenposten zur Ermittelung der Meeresströmungen ist alt und war besonders in der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts beliebt. Aus jener Zeit stammen eine Masse Experimente mit Flaschenposten, die dann Karten der Meeresströme zu Grunde gelegt wurden. Im allgemeinen nahm man dabei einen geradlinigen Weg an, weshalb die Vorstellungen von den Meeresströmungen sehr unrichtig wurden. Nachdem mehrere hervorragende Männer die zu unkritische Benutzung der Flaschenposten, die sogar als »Flaschen-Schwindel» bezeichnet wurde, bekämpft hatten, kamen diese Experimente aus der Mode.

Wenn man auch einräumen muss, dass die Flaschentriften mit grosser Vorsicht beurteilt werden müssen, so darf man doch nicht behaupten, dass alle Experimente dieser Art wertlos seien. Selbst in neuester Zeit haben die hervorragendsten Hydrographen durch dieses Mittel wertvolle Aufschlüsse über die Wege und die Geschwindigkeiten der Meeresströmungen gewonnen. Da das Auswerfen der Flaschenposten zu denjenigen hydrographischen Arbeiten gehörte, die das Schiff nicht aufzuhalten brauchten, beschloss ich auch derartige Untersuchungen auf das Programm der Expedition zu setzen.

Unsere Flaschenposten bestanden aus Postkarten, die mit geeignetem, englisch gedrucktem Text[1] nebst der Adresse eines Empfängers[2] hier in Schweden versehen und in gut verschlossene und versiegelte möglichst helle Flaschen gesteckt waren. Es waren dies fast ausschliesslich reingespülte Bierflaschen von $^1/_3$ Liter Inhalt, die vorher zu den Mahlzeiten benutzt worden waren. Die Zahl der in einer gewissen Periode ins Meer geworfenen Flaschenposten richtete sich nach dem Vorrat von Flaschen und nach der Zeit, die wir zu ihrer Zurüstung hatten. Im allgemeinen wurden mehrere Flaschen gleichzeitig oder z. B. innerhalb einer Stunde über Bord geworfen. Anfangs wurden die Karten mit fortlaufenden Nummern versehen. Aber von der Flaschenpost Nr 55 an trugen sämtliche ungefähr gleichzeitig hinausgeworfene Flaschenposten dieselbe Nummer. Dadurch vereinfachte sich das Protokoll etwas. Die Nummern der Karten wurden meistens sowohl mit Tinte als auch mit Blaustift

[1] Über das Äussere der Karten und den Inhalt des Textes s. A. G. Nathorst, Två somrar i Norra ishafvet, Bd I, Stockholm 1900, S. 20.

[2] Herr Kapitän Ernst Andrée in Göteborg hatte die Güte, die Flaschenposten in Empfang zu nehmen.

geschrieben, da es höchst wichtig war, dass sie nicht verwischt würden. Diese Vorsichtsmassregel erwies sich als durchaus nicht überflüssig, denn auf vielen der wiedergefundenen Karten waren die mit Tinte geschriebenen Nummern vollständig verschwunden.

Im ganzen wurden 922 Flaschenposten ins Meer geworfen, von denen 89 wiedergefunden sind. Unter diesen war jedoch eine, deren Nummern unleserlich geworden waren. Auf Seite 50 bis 56 sind sämtliche auf die Flaschenposten bezüglichen Daten zusammengestellt.

Bei der Beurteilung des Weges, den eine Flasche genommen hat, müssen vor allem zwei Umstände in Betracht gezogen werden: 1) die schon vorhandene Kenntnis der Strömungen des betreffenden Meeres; 2) die zwischen dem Auswerfen und dem Auffinden einer Flaschenpost verflossene Zeit, und zwar die kürzeste Zeit, wenn mehrere Flaschen denselben Weg gegangen sind, denn selbstverständlich müssen die Flaschen, die einen Weg gleichzeitig zurückgelegt haben, in den meisten Fällen einigermassen gleichzeitig an die Fundstelle anlangen, dagegen können sie eine beliebige Zeit am Ufer, wo sie gelandet, liegen bleiben, ehe sie aufgefunden werden.

Die Kenntnis der Zeit ist für die Beurteilung des Weges darum von Belang, weil hieraus eine mittlere Geschwindigkeit berechnet werden kann. Diese darf selbstverständlich einen gewissen Betrag nicht überschreiten, widrigenfalls ist der angenommene Weg offenbar zu lang, deshalb wenigstens zum Teil falsch, und man muss es dann mit einem kürzeren versuchen.

Um die Wege messen zu können, muss man sie erst in eine Karte eintragen. Für die bequeme und genaue Messung der Wege ist es aber hierbei nicht gleichgültig, in welcher Projektion die Karte gezeichnet worden ist. Nicht abstandstreue Kartenprojektionen, wie z. B. diejenige von MERCATOR, in der der Längenmassstab bei hohen Breitengraden stark wechselt, sind offenbar zu vermeiden. Am besten wählt man eine Projektion, die bei geringster Verzerrung des abzubildenden Gebiets möglichst abstandstreu ist.

Die Teile des Atlantischen Ozeans, der Nordsee und des Polarmeeres, die von den Strombahnen unserer Flaschenposten berührt wurden, befinden sich auf einer Kalotte von etwa 2500 km Durchmesser, deren Pol in 65° n. Br. und 10° w. L. v. Greenwich liegt. Für die Abbildung kalottenförmiger Erdteile empfehlen sich vor allem die azimutalen Entwürfe. Ich wählte die flächentreue LAMBERTsche Azimutalprojektion, die innerhalb eines so beschränkten Gebietes auch nur geringe Verzerrungen der Abstände und Winkel verursacht. Da mir aber die nötige Ausdehnung der Karte im Süden und Westen zunächst etwas grösser erschien, als es sich später herausstellte, verlegte ich den Polpunkt nach 60° n. Br. und 15° w. L. von Greenwich. Dann wurden die Polarkoordinaten der Kreuzpunkte der Breiten- und der Längengrade berechnet,[1] und ihre gegenseitige Lage auf einem Reisspapier

[1] Diese Berechnung erfolgte mittels der Tafeln in E. HAMMER: Die geographisch wichtigsten Kartenprojektionen u. s. w., Stuttgart 1889. Eine Kontrollrechnung hatte Dr F. ÅKERBLOM in Uppsala die Güte auszuführen, der dieselbe Karte für seine bereits im Jahre 1904 erschienene Abhandlung über die hydrographischen Untersuchungen der NATHORSTschen Expedition 1899 benutzt hat.

konstruiert. In dieser Weise ist das Gradnetz der in der Taf. 4 wiedergegebenen Karte entstanden, in die dann die wahrscheinlichen Bahnen der Flaschenposten eingetragen wurden.

Die Weglängen sind nach Messung der auf die Karte gezeichneten Bahnen mittels des Zirkels gewonnen und finden sich nebst den entsprechenden Geschwindigkeiten in der Tabelle Seite 50.

Im folgenden mache ich einige Bemerkungen über die angenommenen Bahnen und die sie verursachenden Strömungen und verteile ich dabei das Material nach den einzelnen Meeresgebieten, in denen wir die Flaschenposten hinauswarfen.

I. Die in der *Nordsee* und dem *Skagerrack* über Bord geworfenen Flaschenposten, Nr 1—12, sind teils an der Südküste von Norwegen, teils an der Westküste von Jütland und Schleswig gelandet.

Die zur ersteren Gruppe gehörigen haben für diese Fahrt nur wenige Tage gebraucht. Sie dürften deshalb einen ziemlich geraden Weg zurückgelegt haben, aber selbst bei dieser Annahme ist die Geschwindigkeit gross, etwa eine Seemeile in der Stunde. Daraus darf man wohl schliessen, dass bei dieser Gelegenheit ein starker Strom aus dem Kattegat kam und der norwegischen Küste nach Westen folgte. Dies ist ja auch das Normale. Gewöhnlich scheint in der Nordsee eine cyklonische Bewegung vorzukommen, an die sich an der norwegischen Küste eine hinausgehende und an der dänischen eine hineingehende Strömung anschliessen.

In Übereinstimmung mit dieser Auffassung darf man wohl annehmen, dass die in Dänemark und Schleswig gelandeten Flaschen einen Bogen nach Westen gemacht haben. Sie haben auch sämtlich für ihre Fahrt eine etwa zehnmal längere Zeit gebraucht als die in Norwegen gelandeten. Unter der Annahme der in die Karte (Taf. 4) eingetragenen Bogen beträgt die mittlere Geschwindigkeit dieser Flaschenposten doch nur etwa 10′ pro Tag, und es ist deshalb nicht unwahrscheinlich, dass sie einen noch weiteren Bogen gemacht haben können.

Die Nordgrenze der cyklonischen Bewegung der Nordsee scheint zu der Zeit, als wir die Gegend passierten, also im Frühjahr 1898, etwa unter 60° n. Br. gelegen zu haben, denn keine der weiter nördlich über Bord geworfenen Flaschenposten ist an den Ufern der Nordsee wiedergefunden worden.

II. Während der Fahrt längs der *norwegischen Westküste* zwischen Bergen und Lofoten wurden zwanzig Stromflaschen (Nr 13—32) hinausgeworfen, unter denen zehn wiedergefunden sind. Sie sind sämtlich in Norwegen gelandet und zwar ausnahmslos weiter nördlich, als sie geworfen wurden. Dies beweist, dass sich die Nordrichtung des Golfstroms selbst an der Küste geltend macht. Doch scheint die Strömung an der Küste sehr unbestimmt oder wenigstens schwach gewesen zu sein, denn sämtliche Flaschen sind zwar nordwärts getrieben, aber mit einer auffallend geringen Geschwindigkeit. Dies steht wohl damit in Beziehung, dass der eigentliche Golfstrom, der sicherlich eine Geschwindigkeit von wenigstens $^1/_2$ Knoten in der Stunde hat, in einer grösseren Entfernung von der Küste fliesst. Der Zwischenraum ist von Küsten-

wasser verschiedener Herkunft gefüllt. Nach den Angaben von Prof. Otto Pettersson[1] ist dieser Saum von Küstenwasser im Frühjahr besonders breit.

Auf der Rückreise im September wurden an der norwegischen Küste keine Flaschenposten geworfen, weil unser Schiff dann durch die norwegischen Schären ging.

III. Das Meer zwischen der *Nordküste von Norwegen* und dem *Südkap von Spitzbergen* überfuhren wir sowohl auf der Hinreise im Juni als auch auf der Rückreise Ende August und Anfang September. In diesem Meere warfen wir im ganzen 210 Flaschenposten (Nr 33—56, 58, 89, 135—154), unter denen wir bis jetzt nur 23 zurückbekommen haben. Bei dem näheren Studium der Funddaten gewinnt man die Überzeugung, dass sie verschiedene Wege getrieben sind und dass ihre Triftbahnen sich auf drei Gruppen verteilen:

1) Die in der Entfernung von 0—100 Seemeilen von der norwegischen Küste über Bord geworfenen Flaschen;

2) Die in der Entfernung von 100—275 Seemeilen von der Küste über Bord geworfenen Flaschen;

3) Die in einer grösseren Entfernung als 275 Seemeilen von der Küste über Bord geworfenen Flaschen.

Die wiedergefundenen Flaschenposten der ersten Gruppe sind sämtlich an der Nordküste von Norwegen und der Kolahalbinsel gelandet. Die Fundorte liegen alle weiter östlich als der Ort, wo sie hinausgeworfen wurden. Diese Flaschenposten sind also sämtlich nach Osten getrieben; offenbar sind sie dabei der Murmanströmung gefolgt. Die aus den Funddaten hervorgehenden Geschwindigkeiten sind meistens klein, was vielleicht auf eine Verlangsamung der Strömung an der Küste deutet. Die beobachtete Maximumgeschwindigkeit ist 5 Seemeilen pro Tag.

Die Flaschenposten der zweiten Zone haben im Minimum eine viel längere Zeit gebraucht, als diejenigen der ersten. Ferner ist es bemerkenswert, dass ihre Fundstellen nicht nur an der norwegischen Nordküste, sondern auch an der Westküste liegen. Sie müssen deshalb nicht nur durch die Murmanströmung, sondern auch durch den nordeuropäischen Golfstrom an Land getrieben sein. Ich habe deshalb angenommen, dass sie einen grossen Bogen nach Südwesten gemacht haben und dabei der cyklonischen Zirkulation gefolgt sind, die man nach den Arbeiten Mohn's[2] in dem europäischen Nordmeere zwischen Norwegen und Jan Mayen annimmt. Die südlich von Beeren Eiland geworfenen Flaschen dürften jedoch wohl zuerst mit dem Murmanstrom eine Strecke nach Westen getrieben sein, bis sie in die kalte Beeren Eiland-Strömung hineingerieten, mit der sie dann wieder nach Westen zurückkehrten.

Der Bogen, den die zur Gruppe 2 gehörigen Flaschenposten nach Südsüdwesten beschrieben haben, scheint ziemlich gross gewesen zu sein, denn eine Flasche ist auf etwa 65° n. Br. gelandet und wohl mit einer südwestlichen Strömung dorthin ge-

[1] Über die Wahrscheinlichkeit von periodischen und unperiodischen Schwankungen in dem atlantischen Strome in ihren Beziehungen zu meteorologischen und biologischen Phänomenen, Seite 20. Ur Svenska Hydrografisk biologiska Kommissionens Skrifter II. Göteborg 1905.

[2] The norwegian North-Atlantic Expedition. XVIII B. The North Ocean, its Depths, Temperature and circulation. Pl. XLIII.

kommen. Die Wege dieser Flaschenposten dürften jedoch von Island ziemlich weit entfernt gewesen sein, denn auf der isländischen Küste ist keine aufgefunden worden. Wahrscheinlich sind diese Bahnen auch aus demselben Grunde sämtlich im Osten von Jan Mayen gelegen, wie aus dem Vergleich mit den in der Nähe dieser Insel von der dänischen Ingolf-Expedition 1896 und der schwedischen Expedition mit der Antarctic 1899 ins Meer geworfenen Flaschenposten hervorgeht. Im Anschluss an diese Auffassung sind denn auch die zur Gruppe 2 gehörigen Bahnen der Tafel 4 gezeichnet. Selbstverständlich brauchen sie doch nicht in der Weise zusammenzufallen, wie sie der Einfachheit wegen auf die Karte gezeichnet worden sind. In der Tat unterliegen die Strömungen eines Meeres grossen Schwankungen, und die Bahnen von zu verschiedenen Zeiten hinausgeworfenen schwimmenden Gegenständen dürften nicht nur verschieden verlaufen, sondern sich auch mehrmals kreuzen. Genauer können wir aber die Wege der Flaschenposten nicht wiedergeben, sondern müssen uns mit den gröbsten Zügen und Wahrscheinlichkeiten begnügen.

Die Grenzen der drei Gruppen von Flaschenposten, die zwischen Norwegen und Spitzbergen ins Meer geworfen wurden, sind deshalb auch vielleicht nicht so bestimmt, wie ich hier angenommen habe. Zwei der zur Gruppe 1 gerechneten Flaschenposten, Nr 45 und 154, haben eine lange Zeit gebraucht, und die Möglichkeit liegt deshalb vor, dass sie eine viel längere Reise gemacht, als ich vermute, und vielleicht dieselbe Zirkulation zurückgelegt haben, wie die Gruppe 2. Auch könnten vielleicht Nr 139 und 126 zu dieser Gruppe gehören, obgleich ich sie zu der folgenden gerechnet habe.

Die Flaschenposten der dritten Gruppe scheinen dieselben Bahnen zurückgelegt zu haben, wie diejenigen der nachstehenden Abteilung.

IV. Ins Meer *westlich von Spitzbergen* warfen wir 354 Flaschenposten (Nr 59—88, 117—134), von denen wir 36 zurückbekommen haben. Wenn wir die letzte Gruppe der vorigen Abteilung mitrechnen, dehnt sich das in Betracht zu ziehende Meeresgebiet bis zum 75. Breitengrad aus, und die Zahl der in dasselbe geworfenen Flaschenposten steigt bis auf 412, die der wiedergefundenen auf 38.

Die letzteren sind in sehr verschiedenen, sehr von einander entfernten Küsten ans Land getrieben, wie Spitzbergen, Island, Irland, Schottland, Färöer, Orkney- und Shetland-Inseln, Norwegen und Schleswig. Wir sehen in diesem Umstand eine allgemeine Eigenschaft der Meeresströmungen hervortreten: die, sich zu verzweigen.

Die auf *Spitzbergen* gelandeten Flaschenposten sind dem westspitzbergischen Ausläufer des Golfstroms gefolgt. Wie kräftig dieser mitunter sein kann und wie er selbst in die Fjorde eindringt, geht aus Nr 62 und 64 hervor, die eine mittlere Maximumgeschwindigkeit von 12′ pro Tag angeben. Dass auch die Nordküste von Spitzbergen zu jener Zeit von einem kräftigen warmen Strom bespült wurde, habe ich schon oben[3] gesagt, und diese Auffassung wird von den auf Moffen Eiland und in den

[1] C. F. Wandel, Current-bottles. The Danish Ingolf-Expedition. Vol. I, Part II, Nr 4, Copenhagen 1900.
[2] Filip Åkerblom, Recherches océanographiques. Upsala Universitets Årsskrift 1903, Mathematik och Naturvetenskap II.
[3] Vergl. S. 24 u. 34.

Fjorden der Hinloopen Straat gelandeten Flaschenposten (Nr 61, 67 b, 120 und 129) bestätigt. Es ist sogar auffallend, dass so viele in diesen unbewohnten und selten besuchten Gegenden gefunden worden sind; das beweist, dass in der Tat eine ganze Menge dorthin getrieben ist.

Die verhältnismässig zahlreichen Flaschenposten, die zweifellos der nordwärts gehenden westspitzbergischen Strömung gefolgt sind, machen es wahrscheinlich, dass sämtliche westlich und südwestlich von Spitzbergen ins Meer geworfene Flaschenposten anfänglich ungefähr denselben Weg nach Norden oder Nordwesten eingeschlagen haben. Wir nehmen deshalb an, dass keine derselben die oben erwähnte kleine, östlich von Jan Mayen gelegene Zirkulation mitgemacht haben. Dagegen habe ich angenommen, dass sie von dem in etwa $79^1/_2{}^\circ$ n. Br. wahrscheinlich vorhandenen Polarstromzweig[1] in zwei Gruppen geteilt worden sind, die aber später innerhalb des Polarstromes wieder zusammentraten, von dem sie dann nach Süden geführt wurden.

Ein mächtiger Zweig dieses kalten Stromes trifft die Nordküste von *Island* und umkreist dann fast die ganze Insel in anticyklonischer Richtung, wie schon längst aus Beobachtungen über die Verbreitung des polaren Treibeises an der Nord-, Ost- und Südküste von Island festgestellt worden ist.[2] Die in Island gelandeten Flaschenposten sind wohl diesem Zweig gefolgt. Ich darf jedoch nicht diese Deutung als ganz sicher ansehen, denn es ist ja auch bekannt, dass die West- und die Südküste von Island zeitweise von warmem Golfstromwasser bespült werden. Die Möglichkeit ist also vorhanden, dass Nr 70, 87 a, 89 und 124 erst mit dem ostgrönländischen Polarstrom bis in die Gegend des Kap Farvel geführt und dann von einem Golfstromzweig (z. T. dem Irmingerstrom) in Island ans Land gesetzt worden sind. Ich gebe jedoch der ersten Auffassung unbedingt den Vorzug.

Welche Wege die in *Norwegen* gelandeten Flaschenposten gemacht haben, ob sie östlich oder westlich von Island getrieben sind, das lässt sich kaum in allen Fällen sicher entscheiden. Dagegen ist es wohl zweifellos, dass die in *Irland* und *Schottland* gefundenen, Nr 69 und 132, den Weg westlich von Island genommen haben. Denn der ostisländische Polarstrom dürfte jedenfalls äusserst selten weiter südlich als bis an die Hebriden gelangen.[3] Unter dieser Annahme findet man für die zwei oben erwähnten Flaschenposten die recht annehmbaren Geschwindigkeiten von 5 und 5,5 Seemeilen pro Tag.

Nicht weniger als 6 Flaschenposten sind an den *Orkney-* und *Shetland*-Inseln gelandet. Sogar auf der kleinen, zwischen diesen beiden Inselgruppen gelegenen Fair isle ist eine gefunden. Dieses deutet auf einen ausgeprägten Golfstromzweig, der die Westseite dieses Archipelags trifft und zwischen beiden Inselgruppen einen Arm in die Nordsee entsendet. Demselben scheinen die Flaschenposten Nr 76 und 78 gefolgt zu sein, die in der Gegend von Stavanger in Norwegen, bezw. an den nordfriesischen Inseln von Schleswig gelandet sind. Die beobachtete mittlere Maximumgeschwindig-

[1] Vergl. Seite 25.

[2] Th. Thoroddsen, Om den grönländska drifisen vid Island. Ymer 1884, Seite 145.

[3] O. Pettersson, On the influence of ice-melting upon oceanic cirkulation, Seite 6. Ur Svenska Hydrografisk biologiska kommissionens skrifter II. Göteborg 1905.

keit der an den Shetland oder Orkney Inseln gelandeten Flaschenposten ist 7 Seemeilen pro Tag.

Es ist wohl sehr wahrscheinlich, dass sämtliche oben erwähnte, in den nördlichen und westlichen Teilen von Grossbritannien gelandeten Flaschenposten westlich von Island getrieben sind. Dadurch ist auch die Wahrscheinlichkeit gegeben, dass eine Menge in Norwegen gefundene ebenfalls denselben Weg gegangen sind. Leider ist aber dadurch nicht festgestellt, dass *alle* diesen Weg gemacht haben; viele können östlich von Island getrieben sein, etwa wie die punktierte Linie auf der Karte Taf. 4 zeigt. Wie viele dem letzteren Weg gefolgt sind, lässt sich jedoch nicht sicher entscheiden. Diese würden eine nur halb so lange Reise gemacht und deshalb viel weniger Zeit gebraucht haben als die anderen. Aber unter den hierhergehörigen Flaschenposten sind keine, die eine besonders kurze oder schnelle Reise gemacht zu haben scheinen. Ich habe deshalb für sämtliche den längeren Weg als den wahrscheinlich richtigen angenommen; danach ist auch die Berechnung der Geschwindigkeiten ausgeführt. Wie aus der Tabelle hervorgeht, sind trotzdem gar keine übertriebenen Geschwindigkeiten gefunden.

V. Ins Meer *östlich von Spitzbergen* warfen wir 171 Flaschenposten (Nr 57, 90—105), von denen wir bis jetzt nur 12 zurückbekommen haben. Einige von ihnen sind in westlicher oder südwestlicher Richtung getrieben und nach einer kurzen Reise an irgend eine der vielen ostspitzbergischen Inseln getrieben, wo sie von norwegischen Trantierjägern gefunden worden sind. Andere sind weiter gefahren, entweder mit dem ostspitzbergischen Polarstrom oder mit dem Beeren Eiland-Strom und haben dann eine grössere oder kleinere Zirkulation in dem europäischen Nordmeer ausgeführt, ehe sie an der norwegischen Küste landeten.

VI. Zuletzt ist noch eine Gruppe von Flaschenposten (No 106—116) zu erwähnen, nämlich diejenigen die *nördlich von Spitzbergen* ins Meer geworfen wurden. Ihre Anzahl betrug 155. Merkwürdigerweise haben wir bisjetzt noch keine einzige derselben zurückbekommen. Dies ist sehr auffallend, denn von den an den anderen Seiten von Spitzbergen über Bord geworfenen Flaschenposten sind stets etwa 10 % wiedergefunden. Wie dies zu erklären sei, ist mir noch ein Rätsel. Vielleicht liegen mehrere an den äusserst selten besuchten Küsten des spitzbergischen Nordostlandes, andere mögen vielleicht zwischen den Eisschollen des Polarmeeres zerquetscht worden.

Tabelle der Flaschenposten.

Bezeichnung	Wurfdaten: Anzahl	Tag 1898	Uhr	N. Breite	Länge von Greenwich	Sonstige Bemerkungen	Funddaten: Tag und Jahr	Ort	Anzahl d. Tage (t)	Weglänge in Breitenminuten nach der Karte (w)	w : t	Bezeichnung der gefundenen Flaschenpost
1	1	27. Mai	0 a. m	57° 47′	10° 45′ O	Frischer N.	3. Juni 1898	Rasvaag am Flekkefjord, Norwegen	7	170	24	1
2	1	»	4 »	57 54	6 52 »	Frischer N. W.						
3	1	»	8 »	57 54	6 37 »	»	1. Juni 1898	Ramsland bei Lindesnæs, Norwegen	5	90	18	3
4	1	»	8 p. m.	58 6	5 45 »	Starker N. W.						
5	1	»	» »	»	» »	»	14. Juli 1898	Bjerregaard bei Ringkjöbing, Jütland, Dänemark	48	460	9,5	5
6	1	»	» »	»	» »	»	25. Juli 1898	Hallig Langeness, Ockholm, Schleswig	59	480	8	6
7	1	28. Mai	0 a. m.	58 18	5 35 »	Frischer N. W.	17. Juli 1898	Am Ufer 1/4 Meile südlich von Nymindegab, Jütland	50	400	8	7
8	1	»	4 »	58 12	5 10 »	»	3. Juni 1898	Tunge, Tungenæs, Stavanger, Norwegen	6	60	10	8
9	1	29. Mai	0 »	59 24	4 30 »	Mässiger S. W.						
10	1	»	» »	»	» »	»	28. Juli 1898	»Svenske knolde», Skallingen, Varde, Dänemark	60	480	8	10
11	1	»	» »	»	» »							
12	1	»	» »	»	» »	»						
13	1	»	4 »	59 47	4 29 »	»	3. Juni 1898	Kalve auf Store Kalsö, s. w. von Bergen, Norwegen	5	30	6	13
14	1	»	» »	»	» »	»						
15	1	»	» »	»	» »	»						
16	1	»	» »	»	» »	»	31. Mai 1898	Glæsvær, s. w. von Bergen, Norwegen	2	30	15	16
17	1	»	0 p. m.	60 51	4 40 »	»	11. Aug. 1898	Zwischen Lekö und Vikten, Namdalen, Norwegen	74	350	5	17
18	1	»	» »	»	» »	»						
19	1	»	» »	»	» »	»	< 26. Dez. 1898 [1]	Sömnæs bei Syv Söstre, Helgeland, Norwegen	< 211	400	> 2	19
20	1	»	» »	»	» »	»						
21	1	30 Mai	0 a. m.	62 3	4 20 »	Leichter W.						

[1] Datum des Poststempels.

Bezeichnung	Wurfdaten						Funddaten		Anzahl d. Tage (t)	Weglänge in Breitenminuten nach der Karte (w)	$\frac{w}{t}$	Bezeichnung der gefundenen Flaschenpost
	Anzahl	Tag 1898	Uhr	N. Breite	Länge von Greenwich	Sonstige Bemerkungen	Tag und Jahr	Ort				
22	1	30. Mai	0 a. m.	62° 3′	4° 20′ O	Leichter W.	29. Sept. 1898	Storvaagen bei Kabelvaag, Lofoten, Norwegen	122	460	4	22
23	1	»	4 »	62 24	4 30 »	Windstille m. Böen	3. Sept. 1898	Grötö, n. von Bodö, Norwegen	96	415	4	23
24	1	»	» »	»	» »	»						
25	1	»	4 p. m.	63 32	5 40 »	»						
26	1	»	» »	»	» »	»	27. Juli 1898	Sörburöen, Froöerne, n. w. von Trondhjem, Norwegen	58	100	2	26
27	1											
28	1	»	» »	»	» »	»						
29	1	1. Juni	4 a. m.	66 25	10 3 »	Frischer O.	15 Juli 1898	Næsö bei Hæstmanden, Selsövik, Helgeland, Norwegen	44	75	2	29
30	1	»	» »	»	» »	»	29. Aug. 1898	Kvalö, s. von Röst, Lofoten, Norwegen	89	75	1	30
31	1	»	» »	»	» »	»	26. Juli 1898	Grytö, w. n. w. von Bodö, Norwegen	55	120	2	31
32	1	»	» »	»	» »	»						
33	1	10. Juni	0 »	70 59	21 3 »	Frischer N.	24. Juni 1898	Rolfsösund, n. ö. von Hammerfest, Norwegen	14	65	5	33
34	1	»	» »	»	» »	»						
35	1	»	» »	»	» »	»						
36	1	»	» »	»	» »	»	Ende Aug 1898	Myrfjord, Havösund, n ö. von Hammerfest, Norwegen	80?	65	1?	36
37	1	»	4 »	71 35	22 47 »	Leichter N.						
38	1	»	» »	»	» »	»						
39	1	»	» »	»	» »	»	14. Juli 1898	Knarvig, S.-Seite Hjelmsö, n. ö. von Hammerfest, Norwegen	34	45	1	39
40	1	»	» »	»	» »	»						
41	1	11. Juni	0 »	71 51	22 20 »	Frischer N. W.						
42	1	»	» »	»	» »	»						
43	1	»	» »	»	» »	»						
44	1	»	4 »	72 2	22 0							
45	1	»	» »	»	» »	»	25. April 1899	Waidaguba, Murmanküste, Kolahalbinsel, Russland	318	250	0,8	45
46	1	»	» »	»	» »	»						
47	1	12. Juni	0 »	73 15	24 0 »	Leichter N. W.						
48	1											
49	1	»	» »	»	» »	»	6. Aug. 1899	Hasvaag, W.-Ende Sörö, w. von Hammerfest, Norwegen	420	2000	5	49
50	1	»	» »	»	» »	»						
51	1	»	4 »	73 20	24 40 »	»						
52	1	»	» »	»	» »	»						
53	1	»	» »	»	» »	»						
54	1	»	» »	»	» »	»						
55	5	»	2 p. m.	73 27	23 1 »	»						
56	2	»	$6\frac{1}{2}$ »	73 33	22 45 »	»	12. Mai 1900	Galten, Sörö, w. von Hammerfest, Norwegen	699	1930	3	56

Bezeichnung	Wurfdaten: Anzahl	Tag 1898	Uhr	N. Breite	Länge von Greenwich	Sonstige Bemerkungen	Funddaten: Tag und Jahr	Ort	Anzahl d. Tage (t)	Weglänge in Breitenminuten nach der Karte (w)	w / t	Bezeichnung der gefundenen Flaschenpost
57	6	22. Juni	4 p m.	76° 45′	26° 0′ O	Mässiger S. W.						
58	6	26. Juni	0 a. m.	76 21	16 58 »	Windstille						
59	6	»	0 p. m.	76 46	15 22 »	Leichter W.						
60	7	»	6 »	76 54	15 5 »	Leichter O. S. O.						
61	9	27. Juni	0 a. m.	76 54	15 5 »	»	1. Sept. 1901	N. ö. von Kap Sparre, Murchison bay, Spitzbergens Nordostland. 79° 55′ n. Br., 18° 10′ ö. L.	1161	275	0,2	61
62	5	»	4 »	76 54	15 5 »	Frischer N.	2. Juli 1898	Baie Recherche, Bell sound, Spitzbergen	5	60	12	62
63	5	»	4 p. m.	77 2	14 45 »	Windstille						
64	11	»	5 »	77 6	13 43 »	»	8. Juli 1898	Sassen bay, Ice sound, Spitzbergen	11	100	10	64 a
							18. Juli 1898	N. o.-Seite Advent bay, Ice sound, Spitzbergen	21	95	4,5	64 b
65	5	25. Juli	10 a. m.	78 19	9 8 »	Frischer N.						
66	5	»	0 p. m.	78 19	8 41 »	»						
67	5	»	4 »	78 17	8 31 »	Harter N.	13. Aug. 1900	Biscayers bay an d. Mündung der Magdalena bay, Spitzbergen	749	90	(0,1)	67 a
							Im Sommer 1904	Moffen Eiland, n. der Wijde bay, Spitzbergen	2200?	160	(0,1)	67 b
68	6	26. Juli	0 a. m.	78 14	8 7 »	»	28. April 1902	Sand, Hadsel, Vesteraalen, Norwegen	1371	4150	3	68
69	5	»	4 »	78 9	7 0 »	»	22. Mai 1900	Gurteen Beach, s. von Roundstone, Galway, Ireland	665	3050	4,5	69
70	5	»	10 »	77 56	5 40 »	Frischer N.	< 29. Nov. 1900[1]	Vogur in Hraun Rep, 20 km n. von Borgarfjördr, Westamt, Island	< 856	1500	> 2	70
71	5	»	4 p. m.	77 45	4 13 »							
72	7	»	9 »	77 39	1 18 »	Mässiger N.						
73	10	27. Juli	9—11 »	77 41	1 40 »	Schwacher N						
74	10	28. Juli	7— 8 a. m.	77 48	0 32 W	Schwacher N. W.	13. Sept. 1900	Skjærvær, Vikten, N. Trondhjems Amt, Norwegen	777	3730	5	74
75	10	»	11—12 »	77 55	2 5 »	Längs der Eiskante						
76	10	»	1— 2 p. m.	77 57	2 25 »	»	11. Nov. 1900	Skitnedal, Skudesnæs, n. w. von Stavanger, Norwegen	836	3500	4	76
77	10	»	4— 5 »	77 58	3 13 »	»	1. Mai 1900	S. Leuchtturm auf Fair isle zwischen Orkney u. Shetland isl.	642	3260	5	77
78	10	»	6— 7 »	77 59	3 34 »	»	27. Dez. 1900	Steenodde auf Amrum, Schleswig	882	3670	4	78
79	9	29. Juli	6— 7 a. m.	77 59	3 34 »	»	20. Dez. 1900	Ramstad bei Abelvær, s. von Vikten, N. Trondhjems Amt, Norwegen	874	3660	4	79
80	5	30. Juli	11—12 p. m.	77 59	0 56 O	Frischer W.						
81	5	31. Juli	3 — 4 a. m.	77 54	1 55 »	»	13. Jan. 1903	Bleik, Andenæs, Vesteraalen, Norwegen	1626	3990	2,5	81

[1] Datum des Poststempels.

Bezeichnung	Anzahl	Wurfdaten: Tag 1898	Uhr	N. Breite	Länge von Greenwich	Sonstige Bemerkungen	Funddaten: Tag und Jahr	Ort	Anzahl d. Tage (t)	Weglänge in Breitenminuten nach der Karte (w)	w / t	Bezeichnung der gefundenen Flaschenpost
82	5	31. Juli	7— 8 a. m.	77° 40′	3° 10′ O	Mässiger W.						
83	5	»	11—12 »	77 20	4 55 »	»	12. Febr. 1900	Linklet bay, N. Ronaldshay, Orkney isles	561	3380	6	83
84	5	»	3— 4 p. m.	77 16	5 40 »	Frischer W.	7. Sept. 1900	Böröen, Besaker, n. w. von Levanger, Norwegen	768	3810	5	84 a
							26. Juli 1901	Aith, 6 Meilen s. von Lerwick, Shetland isles.	1090	3450	3	84 b
85	5	»	11—12 »	77 7	7 30 »	Mässiger W.	12. Febr. 1900	Fundingsfjord, n. Teil von Österö, Färöerne	561	3450	6	85 a
							5. Nov. 1900	V. Aasvær, w. von Dönnæs, Helgeland, Norwegen	827	3970	5	85 b
86	5	1. Aug.	7— 8 a. m.	76 57	10 10 »	Windstille						
87	5	»	7— 8 p. m.	76 36	12 13 »	Schwacher N. W	24 Dez. 1899	Ragnheidarstödum, etwas w. von Thjorsa, S. w.-Island	510	1580	3	87 a
							11. Juli 1900	Nordre Gjöte, Österö, Färöerne	709	1500	2	87 b
88	5	2. Aug.	3— 4 a. m.	76 28	13 48 »	Windstille	2. März 1900	Sea Banks ?, Shetland isles	577	3690	6,5	88 a
							13. März 1900	Medfjord, Senjen, w. von Tromsö, Norwegen	588	4350	7,5	88 b
89	5	»	0 p. m.	76 18	16 48 »	»	19. April 1900	Ytri-Skógum, Rangárvallasýsla, S.-Küste Islands	625	1650	3	89
90	5	»	3— 4 »	76 25	18 13 »	»						
91	10	»	7— 8 »	76 32	19 40 »	»	< 5. Sept. 1900 [1]	Gaasvær, Herö, w. von Syv Söstre, Helgeland, Norwegen	< 764	4300	> 5,5	91
92	5	»	11—12 »	76 40	21 10 »							
93	5	3. Aug.	3— 4 a. m.	76 46	22 32 »	»						
94	5	»	7— 8 »	77 3	23 35 »	Schwacher N. O.	15. Okt. 1900	Arviksflæsen, Hov, Gimsö, Lofoten, Norwegen	803	4400	5,5	94
95	10	»	11—12 »	77 16	23 59 »	In zerstreutem Eise	26. Aug. 1899	Halve Maan Eiland, S.-Küste Edge Island, Spitzbergen	388	8		95
96	10	»	3— 4 p. m.	77 32	25 0							
97	10	»	7— 8 »	77 46	26 18							
98	5	»	11—12 »	77 57	26 42 »	Windstille	30. Juli 1900	Astrida, N.-Ende Senjen, w. von Tromsö, Norwegen	726	4570	6	98
99	5	4. Aug.	3— 4 a. m.	78 3	28 20 »	Schwacher N.	21. Nov. 1900	»Smaavær» bei Vega, S. Helgeland, Norwegen	839	4360	5	99
100	5	»	7— 8 »	78 16	28 15 »	»	13. Aug. 1901	Tronvik am Tromsösund, Tromsö, Norwegen	1104	4630	4	100
101	10	»	11—12 »	78 33	27 15 »	»						

[1] Datum der Ankunft nach Stockholm.

Bezeichnung	Wurfdaten: Anzahl	Tag 1898	Uhr	N. Breite	Länge von Greenwich	Sonstige Bemerkungen	Funddaten: Tag und Jahr	Ort	Anzahl d. Tage (t)	Weglänge in Breitenminuten nach der Karte (w)	w : t	Bezeichnung der gefundenen Flaschenpost
							26. Aug. 1901	S. w. von Kap Arnesen, Svenska Förlandet, Kung Karls land, Spitzbergen	1113	15		102 a
102	20	8. Aug.	8— 9 p. m.	78° 42′	27° 18′ O	In der Nähe Station Q im Rivalens Sund	»	D:o D:o D:o	1113	15		102 b
							Ende Aug. 1901	Antarctics ö, Svenska Förlandet, Kung Karls land, Spitzbergen	1113?	15		102 c
							20. Sept. 1904	Kap Heuglin, N.-Spitze von Edge Island, Spitzbergen	2234	60		102 d
103	20	12. Aug.	0— 4 a. m.	78 49	28 8 »	Vom Ankerplatz am Kap Altmann bei N.-Wind						
104	20	15. Aug.	6—10 p. m.	78 42	33 45 »	Nördl. Sturm	13. März 1900	Bredvik, W.-Ende Sörö, w. von Hammerfest, Norwegen	575	2110	4	104
105	20	16. Aug.	1— 2 »	78 35	31 27 »	Frischer N. W.	Ende Aug. 1901	Antarctics ö, Svenska Förlandet, Kung Karls land, Spitzbergen	1105?	60		105
106	20	18. Aug.	12— 3 »	79 55	32 10 »	»						
107	15	19. Aug.	6½— 8 »	80 25	30 30 »	In zerstreutem Treibeise						
108	15	»	11—12 »	80 36	29 25 »	»						
109	15	20. Aug.	6— 7 a. m.	80 42	27 35 »	»						
110	15		7 9 p. m.	81 8	23 35 »							
111	15	21. Aug.	6 — 7 a. m.	81 11	21 25 »	»						
112	15	24. Aug.	0—1½ p. m.	80 0	15 45 »	Frischer N. O.						
113	10	»	8— 9 »	80 0	14 1 »	»						
114	10	»	11—12 »	80 17	13 30 »	In zerstreutem Treibeise						
115	10	25. Aug.	4— 5 a. m	80 8	12 5 »	Frischer O.						
116	15	»	8— 9 »	79 53	11 22 »	Windstille						
117	10	28. Aug.	0— 1 »	79 58	9 35 »	Frischer N. O.	27. Sept. 1901	Im Meere bei Havö, n. ö. von Hammerfest, Norwegen	1125	4350	4	117
118	11	»	4— 5 »	79 44	9 33 »	»	26. Jan. 1900	Clift sound, W.-Seite Mainland, Shetland isles	516	3500	7	118
119	15	»	11—12 »	78 52	9 26 »	Mässiger O.						
120	10	»	4— 5 p. m.	78 32	10 3 »	Windstille	27. Aug. 1899	Lomme bay, Hinloopen Straat, Spitzbergen	364	195		120
121	12	»	8— 9 »	78 23	10 23 »	»						
122	10	29. Aug.	0— 1 a. m.	78 3	11 0 »	Ostl. Sturm						
123	10	»	4— 5 »	77 48	11 25 »	Starker O.-Sturm						
124	10	»	8— 9 »	77 38	11 41 »	»	9. Febr. 1901	Lambastödum, N. Seite d. Mündung d. Borgarfjördr, Island	894	1700	2	124
125	10	30. Aug.	0— 1 p. m.	77 18	10 24 »	Starker S. O.						
126	5	31. Aug.	0— 1 a. m.	76 31	8 23 »	Frischer S. O.	24. Dez. 1899	Kjæringö, n. ö. von Bodö, Norwegen	480	4090	8,5	126
							17. März 1900	S.-Ende v. Silden, w. s. w. von Hammerfest, Norwegen	563	4300	7,5	127 a
127	5	»	4— 5 »	76 27	9 20 »	»	30. Mai 1901	Im Meere ausserhalb Tufjords, 1 Meile w. vom Nordkap, Norwegen	1002	4380	4	127 b

Bezeichnung	Wurfdaten: Anzahl	Tag 1898	Uhr	N. Breite	Länge von Greenwich	Sonstige Bemerkungen	Funddaten: Tag und Jahr	Ort	Anzahl d. Tage (t)	Weglänge in Breitenminuten nach der Karte (w)	w / t	Bezeichnung der gefundenen Flaschenpost
128	5	31. Aug.	0—1 p. m.	76° 22′	11° 20′ O	Frischer S. O.	26. Okt. 1900	Riv Point, Sanday, Orkney isles	786	3500	4,5	128
129	10	»	4—5 »	76 16	11 56 »	»	27. Aug. 1899 ?	Lomme bay, Hinloopen Straat, Spitzbergen	361 ?	355		129 a
							16. Nov. 1899	Sandanes, Langanes, N. o.-Spitze von Island	442	1200	3	129 b
130	5	»	8—9 »	76 12	12 18 »	»	28. März 1899	Auf Treibeis bei Rifstangi, N.-Spitze Islands	209	1190	6	130
131	5	1. Sept.	0—1 a. m.	76 7	12 36 »	O. S. O.-Sturm						
132	8	»	4—5 »	76 6	12 43 »	»	1. Juni 1900	S. w.-Teil von Ross of Mull, W.-Küste Schottlands	638	3440	5	132
133	7	»	8—9 »	76 2	13 8 »	Harter O. S. O.						
134	6	»	4—5 p. m.	75 40	14 12 »	Frischer W. S. W.						
135	8	2. Sept.	0—1 a. m.	75 50	15 25 »	Frischer S. O.						
136	12	»	0—1 p. m.	75 51	17 9 »	Starker O.-Sturm						
137	12	»	4—5 »	75 37	16 56 »	O.-Sturm						
138	10	»	8—9 »	75 24	16 47 »	Harter O.	15. Sept. 1900	Bergsfjord, Senjen, s. w. von Tromsö, Norwegen	743	4430	6	138
139	10	3. Sept	0—1 a. m.	75 9	16 42 »	Frischer S. W.	12. Febr. 1900	Musvær, Kvalsund, Tromsö, Norwegen	527	4470	8,5	139
140	10	»	4—5 »	74 57	16 45 »	»						
141	10	»	8—9 »	74 42	16 42 »	Frischer S.						
142	10	»	0—1 p. m.	74 29	16 40 »	Mässiger S. W.	19. Mai 1900	Svinö, Vikten, N. Trondhjems Amt, Norwegen	623	1440	2	142 a
							4. Aug. 1900	Klo, Langnæs, Vesteraalen, Norwegen	700	1600	2	142 b
143	10	»	4—5 »	74 25	17 59 »	Windstille	7. Okt. 1899	Flakstad, Lofoten, Norwegen	399	1540	4	143 a
							< 1. Okt. 1900[1]	4′ ö. von Vardö, Norwegen	< 758	1970	>2,5	143 b
144	5	4. Sept.	0—1 a. m.	73 58	19 3 »	»	29. Sept. 1900	Tysnæs bei Korsnæs, Tysfjord, Nordlands Amt, Norwegen	755	1610	2	144 a
							< 1. Okt. 1900[1]	Olderö, Skaalvær, w. von Syv Söstre, Helgeland, Norwegen	< 757	1500	>2	144 b
145	5	»	4—5 »	73 36	18 50							
146	5	»	11 » —1 p. m.	73 5	18 27 »	»		Hollændervig, Gamvik, ö. von Nordkyn, Norwegen	?	2070		146
147	5	»	8—9 p. m.	72 43	18 43 »	Schwacher N. O.	5. März 1899	Berlevaag zwischen Nordkyn und Vardö, Norwegen	182	2180	12	147
148	6	5. Sept.	0—1 a. m.	72 29	18 48 »	»	4. März 1899	1′ ö. von Tanahorn, zwischen Nordkyn und Vardö, Norwegen	180	2180	12	148 a
							5. Juni 1899	Troldfjord auf Rolfsö, n. von Hammerfest, Norwegen	273	2080	8	148 b
							4. Aug. 1899	Halvarsö, W.-Seite Senjen, s. w. von Tromsö, Norwegen	333	1950	6	148 c

[1] Datum der Ankunft nach Stockholm.

Bezeichnung	Wurfdaten						Funddaten		Anzahl d. Tage (t)	Weglänge in Breitenminuten nach der Karte (w)	$\frac{w}{t}$	Bezeichnung der gefundenen Flaschenpost
	Anzahl	Tag 1898	Uhr	N. Breite	Länge von Greenwich	Sonstige Bemerkungen	Tag und Jahr	Ort				
149	6	5. Sept.	4—5 a. m.	72 12	18° 54′ O	Schwacher N. O.						
150	6	»	8—9 »	71 57	19 0 »	»	18. Okt. 1898	Troldfjord auf Rolfsö, n. von Hammerfest, Norwegen	43	105	2,5	150
151	10	»	0—1 p. m.	71 43	19 2 »	Windstille	22 Okt. 1898	Russe Sand, Akkerfjord, Hjelmsö, w vom Nordkap, Norwegen	47	115	2,5	151
152	10	»	4—5 »	71 29	19 25 »	Schwacher S. O.						
153	10	»	8—9 »	71 14	19 38 »	Frischer S. O.						
154	10	6. Sept.	0—1 a. m.	71 5	19 50 »	»	20 Juni 1899	Rævnæs, bei Berlevaag zwisch. Nordkyn u Vardö, Norwegen	287	200	1	154

Gedruckt am 28 Juni 1906.

Uppsala 1906. Almqvist & Wiksells Boktryckeri-A.-B.

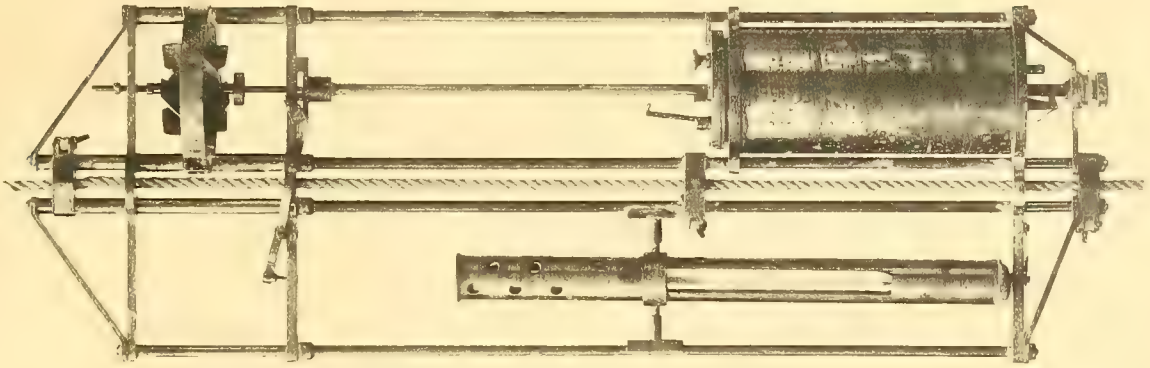


Fig. 4

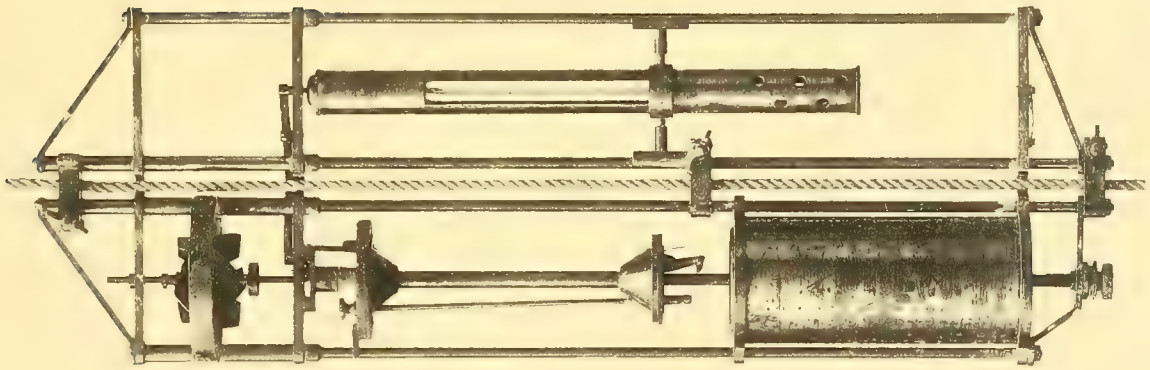


Fig. 3

Der Thermometerwasserschöpfer.

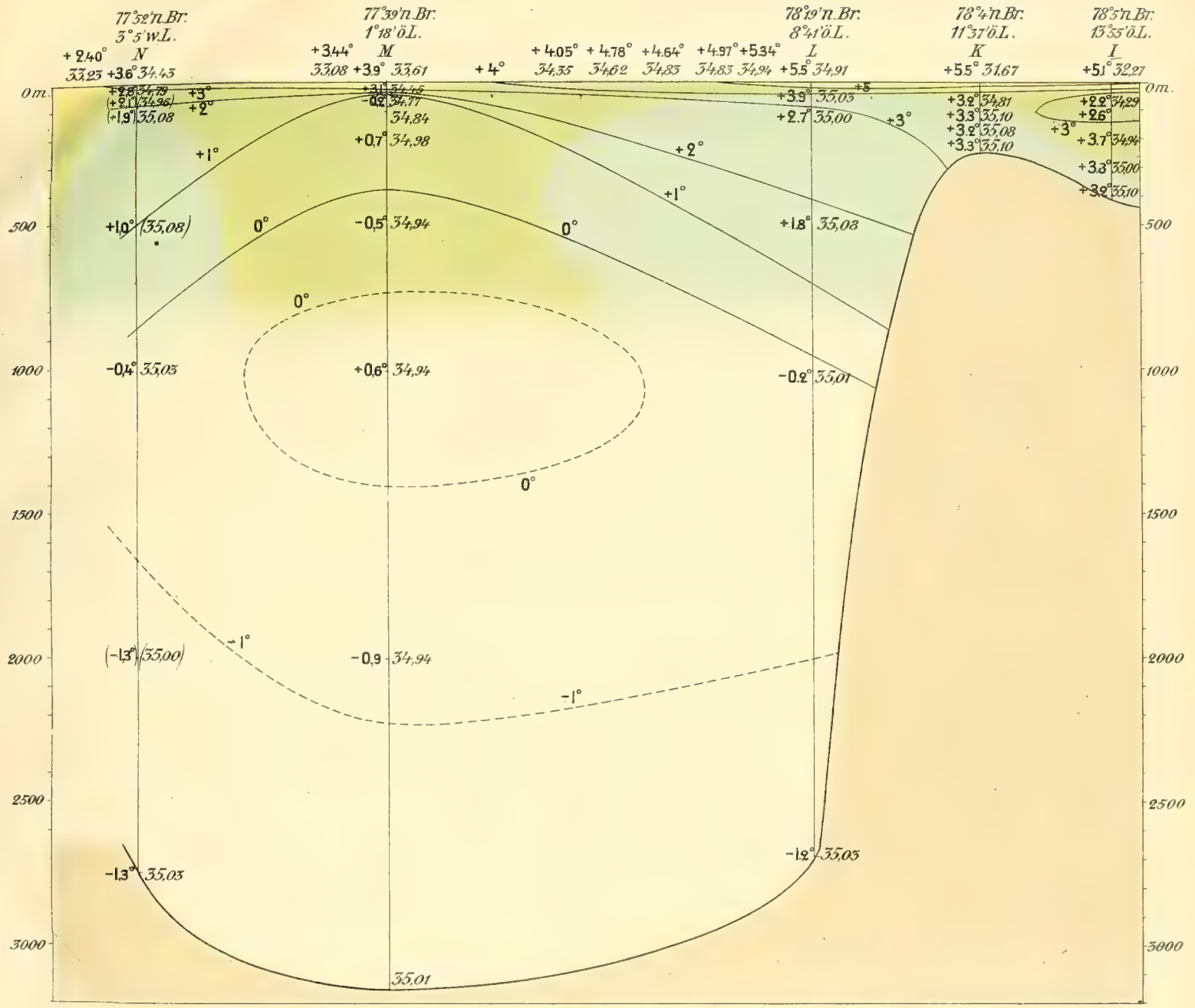
Fig. 2

Fig. 1

Der Bodenwasserschöpfer.

Ljustryck J. Cederquist, Sthlm.

Tofaft Gen. Stab. Lit. Anst. Stockh.



Hydrographischer Durchschnitt, westlich von Spitzbergen, 24-29 Juli 1898

Farbenerklärung wie an der Taf. 2

Fotolit. Gen. Stab. Lit. Anst. Stockh.

Lamberts flächentreue azimutale Projektion
mit Hauptpunkt in 60° n.Br. und 15° w.L.v. Greenwich

Uppsala 1906. Almqvist & Wiksells Boktryckeri-A.-B.

KUNGL. SVENSKA VETENSKAPSAKADEMIENS HANDLINGAR. Band 41. N:o 2.

12,277

BEMERKUNGEN

ÜBER

CLATHROPTERIS MENISCIOIDES BRONGNIART

UND

RHIZOMOPTERIS CRUCIATA NATHORST

VON

A. G. NATHORST

MIT 3 TAFELN

MITGETEILT AM 11. APRIL 1906

UPPSALA & STOCKHOLM. ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI-A.-B.

BERLIN
R. FRIEDLÄNDER & SOHN
11 CARLSTRASSE

LONDON
WILLIAM WESLEY & SON
28 ESSEX STREET. STRAND

PARIS
LIBRAIRIE H. LE SOUDIER
174 BOULEVARD S:T GERMAIN

KUNGL. SVENSKA VETENSKAPSAKADEMIENS HANDLINGAR. Band 41. N:o 2.

BEMERKUNGEN

ÜBER

CLATHROPTERIS MENISCIOIDES BRONGNIART

UND

RHIZOMOPTERIS CRUCIATA NATHORST

VON

A. G. NATHORST

MIT 3 TAFELN

MITGETEILT AM 11. APRIL 1906

UPPSALA & STOCKHOLM
ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI-A.-B.
1906

Die Gattung *Clathropteris* wurde seinerzeit bekanntlich von Ad. Brongniart auf eine in Hör in Schonen vorkommende Art begründet. Er beschrieb sie 1825 (Brongn. 25)[1] erst als *Filicites meniscioides*, bildete sie auch ab, aber 1828 (Brongn. 28) nahm er sie als die einzige Vertreterin der von ihm aufgestellten neuen Gattung *Clathropteris* als *Cl. meniscioides* auf, unter welchem Namen sie auch in seiner »Histoire des végétaux fossiles» (Brongn. 36) ausführlich beschrieben und abgebildet worden ist.

Das Hauptmerkmal dieser Gattung liegt bekanntlich in der sehr charakteristischen Nervatur der Blattsegmente: die Felder zwischen den regelmässig gestellten, randläufigen Seitennerven sind durch die beinahe rechtwinklig überquerenden Nerven der nächsten Ordnung in hervortretende, regelmässige, rechteckige Maschen geteilt, die wieder durch Nerven der folgenden Ordnungen in kleinere Maschen geteilt werden. Die Blätter der Art waren nach Brongniarts Angabe tief fiederspaltig (»profunde pinnatifida»).

Später wurden Blätter und Blattfragmente mit ähnlicher Nervatur auch an anderen Stellen, besonders in den rätischen und liassischen Ablagerungen Deutschlands und Frankreichs gefunden, die zuerst als zu *Cl. meniscioides* gehörig aufgefasst, später aber, nachdem es sich erwiesen hatte, dass sie nicht fiederteilig, sondern handförmig oder vielmehr fussförmig geteilt waren, zu einer (oder zwei, falls *Cl. Münsteriana* Presl sp. als getrennte Art aufzufassen ist) besonderen Art, *Cl. platyphylla* Göppert sp., gebracht wurden. Die genauere Kenntnis dieser Art verdanken wir Germar, Göppert, Schenk (66) und Zeiller (03), besonders den beiden letzten. Erst durch Zeillers schöne Arbeit über die fossile Flora Tonkins (die auch eine vollständige Literaturangabe enthält), hat man eine richtige Vorstellung von dem wahrhaft prachtvollen Aussehen der zur Art gehörigen Blätter erhalten. Zeiller hat in seinen »Éléments de paléobotanique» (Zeiller 00) eine Zeichnung des restaurierten unteren Teiles des Blattes gegeben.

[1] Die Namen mit abgekürzten Jahreszahlen beziehen sich auf das Literaturverzeichnis am Ende der Abhandlung.

In ihrer wichtigen Arbeit über *Dipteris* haben SEWARD und DALE (01) die Meinung ausgesprochen, dass *Clathropteris* einzuziehen und zur Gattung *Dictyophyllum* zu bringen sei.

Dass die beiden Gattungen einander sehr nahe stehen, ist ja zweifellos, wenn es sich aber auch zeigen sollte, dass sie zu derselben botanischen Hauptgattung gehören, so dürfte es in Anbetracht der sonstigen Unterschiede als das zweckmässigste erscheinen, sie wenigstens als Untergattungen nebeneinander zu behalten. Man denke nur daran, dass auch ein kleines Fragment von *Clathropteris* in den meisten Fällen sofort von *Dictyophyllum* unterschieden werden kann; es ist also sowohl in paläobotanischer wie in geologischer Hinsicht vorteilhaft, dies sofort behaupten zu können. Schliesslich sei auch daran erinnert, dass *Clathropteris* ein älterer Name ist (1828) als *Dictyophyllum* (1834), und jener muss deshalb behalten werden, falls einer der beiden eingezogen werden müsste, was aber meiner Meinung nach nicht nur unnötig, sondern auch unzweckmässig wäre.

Ein anderes Exemplar einer fiederspaltigen *Clathropteris* als das oben erwähnte BRONGNIART'sche ist seitdem weder beschrieben noch erwähnt worden. Obschon es an und für sich nicht besonders auffallend wäre, wenn zwei Arten derselben Gattung einen abweichenden Blattbau besässen, so dass die eine fiederspaltige, die andere dagegen fächerförmige Blätter hätte, so muss doch eine solche Differenz in dem vorliegenden Falle etwas eigentümlich erscheinen, da alle sonstigen sowohl fossilen wie lebenden Vertreter der ganzen Familie *Dipteridinae* fächerförmig geteilte Blätter oder Modifikationen derselben besitzen.

Aus Gründen, die unten erwähnt werden, habe ich seit längerer Zeit die Richtigkeit der BRONGNIART'schen Abbildung von *Clathropteris meniscioides* bezweifelt. Auch andere Forscher scheinen daran gezweifelt zu haben, dass *Cl. meniscioides* eine von *Cl. platyphylla* getrennte Art sei, wenigstens bemerken SEWARD und DALE, dass diese auch jene Art umfasst. Selbst habe ich seit 30 Jahren der fossilen Flora von Hör, deren Beschreibung ich jetzt vorbereite, eine ganz besondere Aufmerksamkeit gewidmet, aber unter den sehr vielen Exemplaren von *Clathropteris*, die ich aus dieser Lokalität gesehen habe, ist kein einziges mit fiederspaltigen Blättern vorgekommen. Unter solchen Umständen dürfte es berechtigt sein, BRONGNIARTS Angaben einer kritischen Prüfung zu unterziehen.

In seinem ersten diesbezüglichen Aufsatz (Brongn. 25) sagt BRONGNIART, dass die fossilen Pflanzen von Hör, und zwar die schon von NILSSON beschriebenen, nur an einer einzigen Stelle — mit dieser Stelle ist der alte Steinbruch Per Pålssons (»Per Pålssons gamla graf») gemeint — gefunden seien. »Cependant une autre carrière creusée dans l'arkose nous a offert une impression végétale, unique, il est vrai, mais très-remarquable et tout-à-fait différente de celles trouvées jusqu'alors dans cet endroit.» Der erwähnte Abdruck ist nun derselbe, den BRONGNIART in dem betreffenden Aufsatz als *Filicites meniscioides* beschrieben und abgebildet hat. »Cette fronde une seule fois pinnée» heisst es, »a des pinnules de près d'un pied et demi de long, larges environ 4 pouces, à bords parallèles, paraissant arrondies et obtuses au

sommet, et adhérentes par la base au pétiole commun ou même légèrement décurrentes inférieurement.»

Hier wird also ausdrücklich gesagt, dass das Blatt fiederteilig war, wobei zu bemerken ist, dass BRONGNIART damals keine Kenntnis von dem fächerförmigen Bau der Blätter der später als einer anderen Art derselben Gattung aufgestellten *Clathropteris platyphylla* oder von *Dictyophyllum* hatte. Die Abbildung stellt allerdings ein fiederteiliges Blatt dar, wie aber ist diese Abbildung ausgeführt? In seiner »Histoire des vég. fossiles» (Brongn. 36) bekommt man hierüber (p. 380) folgenden Aufschluss: »le plus grand échantillon que nous ayons observé est celui que nous avons dessiné sur place dans les carrières de Hoer en Scanie.» Und in seinem »Tableau des genres» etc. (Brongn. 49) findet man (p. 32) folgenden Passus: »La plante que j'ai observée à Hoer en Suède a, sans aucun doute, la fronde pinnatifide comme le montre la figure générale faite sur place, et les longues pinnules sont séparées presque jusqu'à la base.»

Die Abbildung — »la figure générale» — dürfte also eigentlich nur als eine Skizze betrachtet werden können. Dies wird auch durch den Umstand bestätigt, dass die Abbildung in der »Hist. d. vég. fossiles» (pl. 134) von der Originalfigur in den »Ann. d. sciences naturelles» etwas abweicht. Während die unterste Fieder bei dieser, der Beschreibung entsprechend (»pinnules . . . paraissant arrondies et obtuses au sommet») mit vollständiger und abgerundeter Spitze dargestellt wird, ist sie dagegen in der »Hist. d. vég. fossiles» mit abgebrochener Spitze gezeichnet; dementsprechend sagt der Text, dass die Fieder nicht vollständig wären.

Es ist ja offenbar, dass eine Zeichnung, die im Steinbruche selbst gemacht wurde, keine vollkommene Genauigkeit beanspruchen kann. Ich werde später auf diesen Umstand zurückkommen, will aber hier die Aufmerksamkeit auf BRONGNIARTS Ausdruck in dem »Tableau des genres» . . . »a, sans aucun doute, la fronde pinnatifide» etc. lenken. Warum ist »sans aucun doute» hier hinzugefügt worden?

Wo findet sich aber der Abdruck, der der BRONGNIART'schen Abbildung als Original gedient hat? Wurde derselbe von Hör mitgenommen oder konnte er nicht von dem anstehenden Gestein getrennt werden? Selbstverständlich würde die Frage von dem wahren Bau der *Clathropteris meniscioides* ihre Lösung erhalten können, wenn das Originalstück wieder zum Vorschein käme.

Es ist hierbei von Bedeutung, dass NILSSON die Herren BRONGNIART bei ihrem Besuche in Hör begleitete. Ich bin nun schon seit mehreren Jahren der Meinung, dass ein seit NILSSONS Tagen im Geologischen Museum der Universität Lund aufbewahrtes Exemplar von *Clathropteris* in der Tat das betreffende Originalstück ist. Dies zu beweisen, war aber bisher nicht möglich, obschon viele Umstände für die Richtigkeit meiner Vermutung angeführt werden könnten. Jetzt liegen aber die Tatsachen, dank dem Aufschlusse meines hochverehrten Freundes, Professor Dr. G. RETZIUS, etwas anders.

Als dieser vor wenigen Jahren mit der Lebensbeschreibung NILSSONS beschäftigt war, lenkte er meine Aufmerksamkeit darauf, dass sich in NILSSONS Tagebüchern mehrere Angaben über die Geologie Schonens befänden. Als er die übrigen

Tagebücher an die Universitätsbibliothek zu Lund zurückschickte, lieh ich eines derselben, das in dieser Hinsicht das meiste Interesse bot, und hier habe ich neulich einige sehr wichtigen Angaben über *Clathropteris meniscioides* gefunden.

Nilsson erzählt[1] hier am 5. Aug. 1824, dass Al. Brongniart nach Lund gekommen sei,[2] wo er die Petrefaktensammlung studiert, und dass Nilsson ihn dann nach den geologisch interessantesten Lokalen von Schonen — und zwar Andrarum, Bjersjöladugård, Hör und Ignaberga — begleitet habe. Von den Pflanzenfossilien von Hör heisst es bei Nilsson, wörtlich übersetzt: »Die Petrefakten gehören meistens nach Ad. Brongniarts Meinung zu jener Klasse, die zwischen den Palmaciten und Filiciten steht (Cycadeen, Cycas, Zamia). Nur wenige wirkliche Filiciten kommen vor, z. B. das ovale, gestreifte Blatt[3] und der jetzt im Bossagrafven gefundene grosse Abdruck, der tripinnatum und nach Ad. Brongniarts Meinung ein *Illicium?* ist.»

Mit »*Illicium*» soll hier offenbar *Meniscium* gemeint sein; Nilsson, der kein Botaniker war, hat den Namen nicht richtig aufgefasst und deshalb das Fragezeichen hinzugefügt. Auch ist tripinnatum wohl ein Schreibfehler, obschon es ja möglich ist, dass Brongniart zuerst diese Meinung ausgesprochen hat.

Die Lokalitat, die Brongniart nur als den zweiten Steinbruch angedeutet hat, ist hier angegeben: »Bossagrafven.» Die dortigen geologischen Verhältnisse sind in meinen Erläuterungen zum Blatt »Trolleholm» der Schwedischen geologischen Landesuntersuchung (Nathorst 85) ausführlich beschrieben. Nilsson macht übrigens noch folgende Bemerkung: »Brongniart und Berzelius vermuteten, dass das Gestein des alten Steinbruchs Per Pålssons (»Per Pålssons gamla graf») die obere Schicht des Gesteins des Bossagrabens gebildet» habe. Die Tatsache ist ganz richtig, das Gestein des Bossagrabens, in dem *Clathropteris* gefunden wurde, gehört zur untersten Schicht des Mühlsteins (Arkoses). Es ist ziemlich feinkörnig, die Farbe ist grau, die Feldspatkörner sind in Kaolin umgewandelt. Ausser dem grossen Stück kommen in Nilssons Sammlung auch einige andere von derselben Beschaffenheit vor, die auch Fragmente von *Clathropteris* enthalten.

Wenden wir uns jetzt zu dem grossen Stück, das im Geologischen Museum der Universität Lund aufbewahrt wurde (Taf. 1), um es mit der Abbildung in Brongniarts »Histoire des vég. foss.» (pl. 134, fig. 1) zu vergleichen. Es ist nämlich wahrscheinlich, dass Brongniarts Abbildungen ohne Anwendung des Spiegels reproduziert wurden, und die erste Abbildung (1825) dürfte also die umgekehrte Stellung haben, während die zweite (1836) die richtige Stellung wiedergeben wird.

Wie aus der Abbildung erhellt, zeigt auch das Stück von Lund zwei grosse Segmente und links das Fragment eines dritten; man kann sich also leicht vorstellen, dass die Brongniart'sche Abbildung eine Skizze desselben Exemplars ist. Dagegen entbehrt das betreffende Stück jeder Spur von Hauptspindel (»pétiole commun»).

---

[1] Naturhistorisk dagbok för åren 1822, 1823, 1824 och 1825 af S. Nilsson. p. 92. Manuskript, in der Bibliothek der Universität Lund aufbewahrt.

[2] Er war bekanntlich von seinem Sohne Adolphe begleitet.

[3] *Sagenopteris*. A. G. N.

Bedenkt man aber, dass BRONGNIART seine Skizze im Steinbruch selbst gezeichnet hat, vielleicht während die Abdrücke sich noch an der anstehenden, unreinen Schichtenoberfläche befanden, so ist es wohl möglich, dass er eine unrichtige Vorstellung derselben, und zwar wegen einer längs einer Spalte etwa stattgefundenen Verschiebung des Gesteins oder wegen des Übereinanderliegens mehrerer Blattsegmente, hat bekommen können. Auffallend ist es immerhin, dass die Blattsegmente an der linken Seite der mutmasslichen Hauptspindel auf der BRONGNIART'schen Abbildung im Vergleich zu den übrigen nur undeutlich dargestellt sind. Dass diese Partie an dem Exemplar von Lund fehlt, kann ja lediglich davon herrühren, dass das Stück bei der Trennung von der anstehenden Schichtenfläche zerbrochen wurde, was jetzt nicht mehr entschieden werden kann. Angesichts der oben angeführten Tatsachen zweifle ich aber gar nicht daran, dass das Stück des Geologischen Museums zu Lund wirklich das von BRONGNIART zuerst beschriebene Exemplar seiner *Clathropteris meniscioides* ist.

Ist dem nun so, dann lassen sich aber auch Tatsachen anführen, die dafür sprechen, dass es sich um ein fächerförmig geteiltes Blatt handelt. An der anderen Seite des grossen Steinstückes liegen nämlich Fragmente von drei ferneren Segmenten, die dieselbe Richtung wie die hier abgebildeten behaupten, und also für eine fächerförmige Stellung der Segmente sprechen. Ferner ist zu bemerken, dass die Mittelnerven der beiden grossen Segmente (Tafel 1) sich nach unten hin immer mehr nähern, wie bei einem fächerförmig geformten Blatt vorauszusetzen ist.

Ich glaube also annehmen zu können, dass BRONGNIARTS *Clathropteris meniscioides* fächerförmig geteilte, nicht aber fiederspaltige Blätter gehabt hat; dass also *Cl. platyphylla* Gp. sp. als derselben synonym zu betrachten und deshalb zu streichen ist.

Ich werde in meiner Beschreibung der fossilen Flora von Hör die dortigen Formen von *Clathropteris* ausführlich besprechen, benutze aber schon hier die Gelegenheit, einige Bemerkungen mitzuteilen, die zur Kenntnis der Gattung beitragen können. Zuerst werde ich die Aufmerksamkeit auf das schöne Exemplar, Taf. 2, Fig. 1, lenken, das ein 45 Centimeter langes Primärsegment in ausgezeichneter Erhaltung ist. Das Stück wurde bei einer Erweiterung des Hafens von Helsingborg gefunden und gehört dem Geologischen Museum der Universität Lund, dem es vor mehreren Jahren von Herrn Hafenkassierer F. MÜLLER in Helsingborg geschenkt wurde. Das Gestein ist ein graulicher sandiger Schiefer, gegen welchen das beinahe schwarze Blattsegment prachtvoll hervortritt. Wie aus der Abbildung ersichtlich ist, verschmälert sich das Blattsegment allmählich gegen die Spitze hin und die rechteckigen Nervenmaschen werden dementsprechend auch schmäler. Wenn man dieses Exemplar mit dem Stücke von Bossagrafven (Taf. 1) vergleicht, dann wird man sich eine wahre Vorstellung von der ausserordentlichen, durch die grossen Nervenmaschen und die Breite der Segmente bestimmten Grösse des letzteren machen können. Die Zahnung des Exemplars von Helsingborg tritt sehr stark und deutlich hervor.

Da die äusserste Spitze der Primärsegmente von *Clathropteris* sehr selten erhalten ist, teile ich zwei Exemplare dieser Spitzen mit (Taf. 2, Fig. 2 und 3). Sie stammen beide aus der Tonschicht oberhalb des Mühlsteins bei Hör, wo sie 1904 von mir und Herrn F. Blomqvist gesammelt wurden. Man sieht hier, dass die Maschen an der äussersten Spitze ausserordentlich klein werden; das Exemplar Fig. 2 sieht aus, als wäre die Spitze selbst noch etwas eingerollt.

Zeiller (03) hat hervorgehoben, dass die Blätter von *Clathropteris platyphylla* an der Basis tütenförmig seien. Dies wird durch zwei Exemplare vom Hörsandstein, die sich im Stockholmer Museum befinden, bestätigt. Das eine gehört zu jener Form, deren Blattsegmente am Grunde zusammenfliessen (Taf. 2, Fig. 4 und 5). Fig. 4 zeigt das Blatt von oben, Fig. 5 von der Seite; die Tütenform ist hier sehr ausgeprägt. Das andere Exemplar (Taf. 3, Fig. 1 und 2) gehört vielleicht zu *Cl. Münsteriana* Presl sp., d. h. zu der Form, deren Blätter in zwei Hälften geteilt sind, so dass die Blattsegmente nicht an der Basis vollständig zusammenfliessen. Wie dem nun auch sein mag, auch aus diesem Exemplar geht die Tütenform des Blattgrundes deutlich hervor. Fig. 1 stellt den Abdruck des Blattes von unten dar, während Fig. 2 den rechten Teil desselben, etwas mehr von der Seite gesehen, veranschaulicht.

Die Rhizome von *Dipteris*, der lebenden Gattung, mit der *Clathropteris*, *Dictyphyllum* und *Protorrhipis* jetzt verglichen werden, indem man sie sogar als zur Unterfamilie *Dipteridinæ* gehörend betrachtet, (Zeiller 97, 00; Seward & Dale 01), sind bekanntlich kriechend, oft dichotom verzweigt. Ich habe schon längst (Nathorst 78 : 1) aus Pålsjö in Schonen einige Rhizome (*Rhizomopteris Schenki* Nath.) beschrieben, die meiner Meinung nach die Rhizome von *Dictyophyllum Nilssoni* Brgn. sp. sind. Dieselben sind horizontal kriechend, wiederholt gegabelt und tragen an ihrer oberen Seite die etwa 1 bis 3 Centimeter voneinander entfernten Blattnarben, deren Leitbündel einen scharfen, hufeisenförmigen Querschnitt haben (vergl. Taf. 3, Fig. 3). Später habe ich eine andere Art aus Bjuf unter dem Namen *Rhizomopteris* (*Dictyophylli*) *major* Nath. beschrieben (Nathorst 78 : 2), die wahrscheinlich das Rhizom von *Dictyophyllum exile* Brauns sp. darstellt.

Als ich die Steinbrüche von Hör im Sommer 1904 von neuem untersuchte, fand ich in der Tonschicht des Bruches von Stanstorp einige bisher unbekannte Rhizome, die vielleicht als die Rhizome von *Clathropteris* aufzufassen sind. Es sei schon hier bemerkt, dass die Blätter dieser Pflanze in der Tonschicht häufig, während die von *Dictyophyllum Nilssoni* sehr selten sind. Dementsprechend ist auch *Rhizomopteris Schenki* hier selten; das Exemplar Taf. 3 Fig. 3 stellt ein hier gefundenes Stück dar. Die Blattnarben desselben sind wie gewöhnlich sehr scharf begrenzt, und man dürfte deshalb vielleicht zur Annahme berechtigt sein, dass der Blattstiel von dem Rhizom abgegliedert worden sei.

Das andere hier häufig vorkommende Rhizom, das ich *Rhizomopteris cruciata* genannt habe, ist von *Rh. Schenki* sehr verschieden (Taf. 2, Fig. 6—9; Taf. 3,

Fig. 4—9). Es stellt meistens 1,5—2,5 cm breite, stengelähnliche verkohlte Reste dar, die mitunter dicht neben- und übereinander liegen. Dass es sich um Rhizome handelt, leuchtet daraus ein, dass die Narben nur auf den Abdrücken der aufwärts gekehrten Seite der betreffenden Reste vorkommen, niemals aber auf den Abdrücken der anderen (abwärts gekehrten). Oder mit anderen Worten, die horizontal kriechenden Rhizome nehmen im Tone noch immer ihre ursprüngliche Stellung ein. Die Narben sind beträchtlich voneinander entfernt — ich habe nur einmal ihrer zwei an demselben Stück beobachtet, die etwa 11 Centimeter entfernt waren (vergl. jedoch unten bei der Besprechung des Exemplars Taf. 3, Fig. 7) — und kommen hauptsächlich oder ausschliesslich nur an solchen Stellen vor, wo eine Verzweigung des Rhizoms stattgefunden hat. Das Exemplar Taf. 3, Fig. 4 scheint allerdings hiervon eine Ausnahme zu machen, was aber vielleicht nur scheinbar ist, da die Seitenzweige verwischt sein können. An jeder Seite der Narbe wird ein Seitenzweig des Rhizoms ausgesandt, es will aber scheinen, als wäre der eine derselben immer kräftiger entwickelt als der andere. Dies tritt ganz besonders deutlich an dem Exemplar Taf. 3 Fig. 9 hervor, wo der linke Zweig bedeutend schwächer als der andere ist. An solchen Zweigen sieht man meistens kleine Abdrücke in der Längenrichtung, die wohl von Haaren und kleinen Schuppen herrühren. Auch der linke Zweig des Exemplars Taf. 3, Fig. 7 ist schwach entwickelt, während der rechte kräftig ist und schon bald eine Narbe zeigt. Falls diese Narbe wirklich von einem Blatte stammt, dürfte dasselbe nicht zur Entwickelung gekommen, sondern verkümmert sein; es handelt sich jedoch vielleicht um eine Knospe. Dass einige Exemplare, wie Taf. 2, Fig. 9, aussehen, als wären sie dichotom geteilt, rührt daher, dass die Fortsetzung des Hauptstammes verwischt ist, was mit einem kleinen Niveauunterschiede zusammenhängt (Vergl. Taf. 3, Fig. 5). Die Narben selbst sind sehr unregelmässig, (Taf. 2, Fig. 7—9; Taf. 3, Fig. 5, 7—9), was wohl davon abhängt, dass die Blattstiele nicht von dem Rhizom abgegliedert sind. Nur einmal habe ich einen deutlichen Abdruck des Leitbündels beobachtet, und zwar an dem Exemplar Taf. 3, Fig. 4, das zweifelsohne hieher gehört. Man sieht, dass diese Leitbündelspur von der bei *Rhizomopteris Schenki* dadurch abweicht, dass sie nicht wie bei dieser offen ist.

Wie oben erwähnt, kommen keine Abdrücke von Blattnarben an den nach unten gewandten Flächen des Rhizoms vor. Das Exemplar Taf. 2, Fig. 6, stellt einen Abdruck der Unterseite dar, und zwar an der Stelle einer Verzweigung. Man sieht, dass die Unterseite des Hauptstammes eine etwas tiefere Lage im Schlamme als die Seitenzweige gehabt hat, was wohl von dem rundlichen Querschnitt des Rhizoms abhängt; dasselbe geht auch aus den Exemplaren Taf. 3, Fig. 5, 7, 8, hervor. An der Unterseite der Rhizome sieht man meistens kleine Narben der Wurzeln (Taf. 2, Fig. 6, Taf. 3, Fig. 6), die mitunter, obschon selten, auch an der oberen Seite stellenweise anwesend sein können (Taf. 3, Fig. 7).

Dass diese Rhizome zu *Clathropteris* gehören, ist allerdings nur eine Vermutung, die nicht bewiesen werden kann, obschon einige Umstände dafür zu sprechen scheinen. Dass *Clathropteris* kriechende Rhizome gehabt haben muss, ist wohl im voraus so gut wie sicher, und zwar erstens, weil der Bau der Blätter dieselben voraussetzt, zweitens,

weil die jetzigen Vertreter der Familie *Dipteridinae* dergleichen haben, und drittens, weil dasselbe auch bei *Dictyophyllum*, das ja *Clathropteris* nahe steht, der Fall war. Wir können also annehmen, dass *Clathropteris* in ähnlicher Weise wie *Dictyophyllum* und *Camptopteris spiralis* auf sumpfigem Boden oder sogar in seichtem Wasser gelebt hat. Die Rhizome krochen hier, horizontal ausgedehnt, im weichen Schlamme und sandten ihre langen Blattstiele, die die prachtvollen fächerförmigen Blätter trugen, nach oben.

Damit ist allerdings nicht bewiesen, dass gerade *Rhizomopteris cruciata* die Rhizome von *Clathropteris* darstellt. Die eigentümliche Verzweigung derselben, die gewissermassen etwas an die der Stämme von *Williamsonia angustifolia* Nath. (Nathorst 02) erinnert, lenkte schon bei den ersten Funden, ehe ich sie noch als Rhizome erkannt hatte, meine Gedanken sogar auf diese. (Streng genommen ist es ja übrigens nicht unmöglich, dass ein Cycadophyt ebenso gut wie die Pteridophyten unterirdische Stämme mit dorsiventralem Bau gehabt haben kann, obschon wir noch keine derartige Cycadophyten kennen.) Nachdem ich aber mehrere Exemplare gefunden hatte, trat nicht nur die Rhizomnatur, sondern auch die Farnnatur derselben deutlich hervor. In dieser Hinsicht ist vor allem die charakteristische Leitbündelspur des Exemplars Taf. 3, Fig. 4 entscheidend. Dass solche Spuren an den übrigen Exemplaren fehlen, dürfte, wie erwähnt, davon abhängen, dass der Blattstiel nicht vom Rhizom abgegliedert war, womit auch die Unregelmässigkeit der Narben, die unter diesen Umständen von den abgestorbenen und später verkohlten Blattstielbasen herrühren und deshalb keine genaue Übereinstimmung untereinander zeigen können, zusammenhängt. Es sei hier bemerkt, dass die Rhizome stark verkohlt vorkommen und die abgebildeten Abdrücke erst nach der Entfernung der Kohlensubstanz deutlich hervortreten.

Rhizomopteris cruciata kommt, wie erwähnt, in der Tonschicht des Sandsteins von Hör *in situ* vor. Wenn man nun die Möglichkeit einer Zusammengehörigkeit mit den übrigen Pteridophytenresten, die sowohl in diesem Tone wie im Sandstein selbst gefunden sind — also *Cladophlebis*, *Gutbiera*, *Marattia*, *Dictyophyllum* usw. — prüft, so scheint daraus hervorzugehen, dass keiner derselben mit den betreffenden Rhizomen in Verbindung gebracht werden kann. Da nun aber die Rhizome häufig sind, dürfte man zu der Annahme berechtigt sein, dass die von ihnen getragenen Blätter nicht gut in der Ablagerung fehlen können, und zwar um so weniger, als sie offenbar eine beträchtliche Grösse gehabt haben müssen.

Nun verhält es sich aber gerade so, dass die Blätter von *Clathropteris*, während sie im Sandstein selbst nur spärlich und vereinzelt vorkommen, dagegen in der Tonschicht ebenso wie die Rhizome häufig sind, und hier in verschiedenen Entwickelungsstadien auftreten. Nach alledem scheint es mir also recht wahrscheinlich, dass die vorliegenden Rhizome zu *Clathropteris meniscioides* gehören.

Der Einwand, dass sie zu sehr von den Rhizomen des *Dictyophyllum* abweichen, dürfte als nicht stichhaltig abgewiesen werden können, da es ja unter den lebenden Farnen vorkommt, dass der Stammbau sogar innerhalb derselben Gattung ganz verschieden sein kann. In Anbetracht der Grösse der Blätter von *Clathropteris menisci-*

oides, ist es wohl im voraus wahrscheinlich, dass sie an den Rhizomen eine ziemlich entfernte Stellung gehabt haben müssen.

Da jedoch entscheidende Beweise für die Zusammengehörigkeit der Rhizome mit *Clathropteris* nicht vorliegen, ist es ja am richtigsten, sie bis auf weiteres mit einem eigenen Namen, *Rhizomopteris cruciata* NATH., zu bezeichnen.

Literaturverzeichnis.

Brongniart, Ad. (25). Observations sur les végétaux fossiles renfermés dans les grès de Hoer en Scanie. Ann. d. sc. nat. t. 4, p. 200,[1] atlas pl. 11, 12. Paris 1825.

(28). Prodrome d'une histoire des végétaux fossiles, p. 62, 194. Paris 1828. 8°.

(36). Histoire des végétaux fossiles. Paris 1828—1840. 4°. Livraison 11, wo *Clathropteris* beschrieben wurde, erschien 1836; die Tafel wurde aber schon in der vorigen Lieferung, die 1835 oder 1836 erschien, veröffentlicht.

(49). Tableau des genres de végétaux fossiles. Paris 1849. 8°.

Nathorst, A. G. (78 : 1). Beiträge zur fossilen Flora Schwedens. Ueber einige rhätische Pflanzen von Pålsjö in Schonen. Stuttgart 1878. 4°.

(78 : 2). Om floran i Skånes kolförande bildningar. 1. Floran vid Bjuf. Stockholm 1878—86. 4°. Sveriges Geolog. Undersökn. Ser. C. Nr. 27, 33, 85. Die erste Lieferung, wo *Rhizomopteris major* beschrieben wurde, erschien 1878 (S. G. U. Ser. C. Nr. 27).

(85). Beskrifning till kartbladet Trolleholm. Stockholm 1885. 8°. Sveriges Geolog. Undersökn. Ser. Aa, Nr. 87.

(02). Beiträge zur Kenntnis einiger mesozoischen Cycadophyten. Svenska Vetensk. Akad. Handlingar. Bd 36, N:o 4. Stockholm 1902.

Schenk, A. (66). Die fossile Flora der Grenzschichten des Keupers und Lias Frankens. Wiesbaden 1865—1867. 4°. Lieferung 2 & 3, wo *Clathropteris* beschrieben wurde, erschien 1866.

Seward, A. C. and Dale, E. (01). On the structure and affinities of *Dipteris*, with notes on the geological history of the *Dipteridinæ*. Philosoph. Transact. Roy. Soc. London. Ser. B. vol. 194. London 1901.

Zeiller, R. (97). Revue des travaux de paléontologie végétale publiés dans le cours des années 1893—1896. Revue générale de botanique. T. 9 (1897).

(00). Éléments de paléobotanique. Paris 1900. 8°.

(03). Flore fossile des gîtes de charbon du Tonkin. Ministère des travaux publiques. Études des gîtes mineraux de la France. Paris. Atlas 1902. Texte 1903. 4°.

[1] Es kommt hier ein Druckfehler vor; der Aufsatz wird als im Januar 1824 statt 1825 vorgelegt angegeben.

Tafelerklärungen.

Tafel 1.

Clathropteris meniscioides Brongniart

aus Hör (Bossagrafven), Schonen. Wahrscheinlich dasselbe Exemplar, auf welches Brongniart die Art gegründet hat. Man sieht Reste von zwei ausserordentlich grossen Primärsegmenten und das Fragment eines kleineren. Einige vereinzelte Abdrücke grosser Nervenmaschen neben diesem scheint die Anwesenheit eines dritten grossen Primärsegmentes anzudeuten, falls sie nicht von dem abgerissenen Stück eines der übrigen stammen.

Tafel 2.

Clathropteris meniscioides Brongniart.

Fig. 1. Partie eines grossen Primärsegments, das im Hafen der Stadt Helsingborg gefunden worden ist. Gehört dem Geologischen Museum der Universität Lund.
» 2. Die Spitze eines kleinen Blattsegments mit kleinen Maschen, das an der äussersten Spitze eingerollt zu sein scheint. Tonschicht des Sandsteins von Hör.
» 3. Die Spitze eines anderen Blattsegments aus derselben Lokalität mit noch kleineren Maschen; 3a Partie desselben, vergrössert.
» 4, 5. Blattgrund eines Exemplars aus dem Sandstein; 4 von oben, 5 von der Seite.

Rhizomopteris cruciata Nathorst.

Fig. 6. Abdruck der Unterseite an der Stelle, von wo aus zwei Seitenzweige des Rhizoms ausgehen. Die kleinen Wurzelnarben treten besonders an dem rechten Zweig hervor.
» 7—9. Abdrücke der oberen Seite des Rhizoms, das verschiedene Aussehen der Abdrücke der Blattstielbasen zeigend. Die Dichotomie des Exemplars Fig. 9 ist nur scheinbar (vergl. Taf. 3 Fig. 5).

Tafel 3.

Clathropteris meniscioides Brongniart (oder Münsteriana Presl sp.)

Fig. 1, 2. Abdruck aus dem Sandstein von Hör; Fig. 1 von unten, Fig. 2 (eine Partie derselben) von der Seite.

Rhizomopteris Schenki Nathorst.

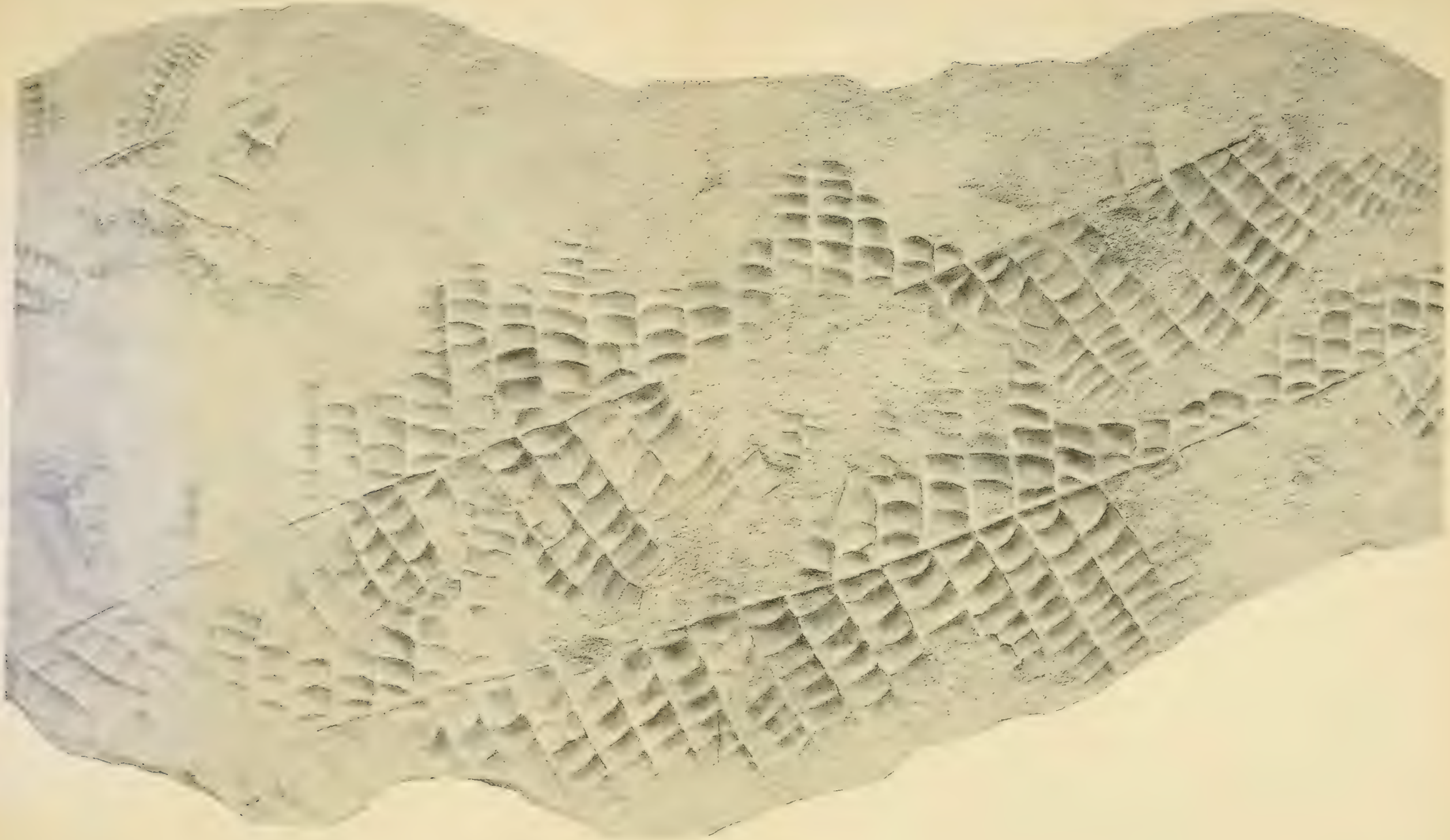
Fig. 3. Fragment des Rhizoms mit sehr deutlichen Blattnarben aus der Tonschicht des Sandsteins von Hör.

Rhizomopteris cruciata Nathorst.

Fig. 4. Abdruck der Oberseite mit sehr deutlicher Leitbündelspur.
5. Abdruck der Oberseite mit einer Blattnarbe an der Verzweigungsstelle.
6. Abdruck der Unterseite mit den kleinen Wurzelnarben.
7—9. Abdrücke der Oberseite verschiedener verzweigten Exemplare. Der linke Zweig der Exemplare Fig. 7 und 9 ist schwach entwickelt oder verkümmert. Die Narbe an dem rechten Zweig des Exemplars Fig. 7 rührt vielleicht von einer Knospe oder einem unentwickelten Blatte her. Bemerkenswert sind die Abdrücke von Haaren oder Schuppen an den rechten Zweigen dieser beiden Exemplare.

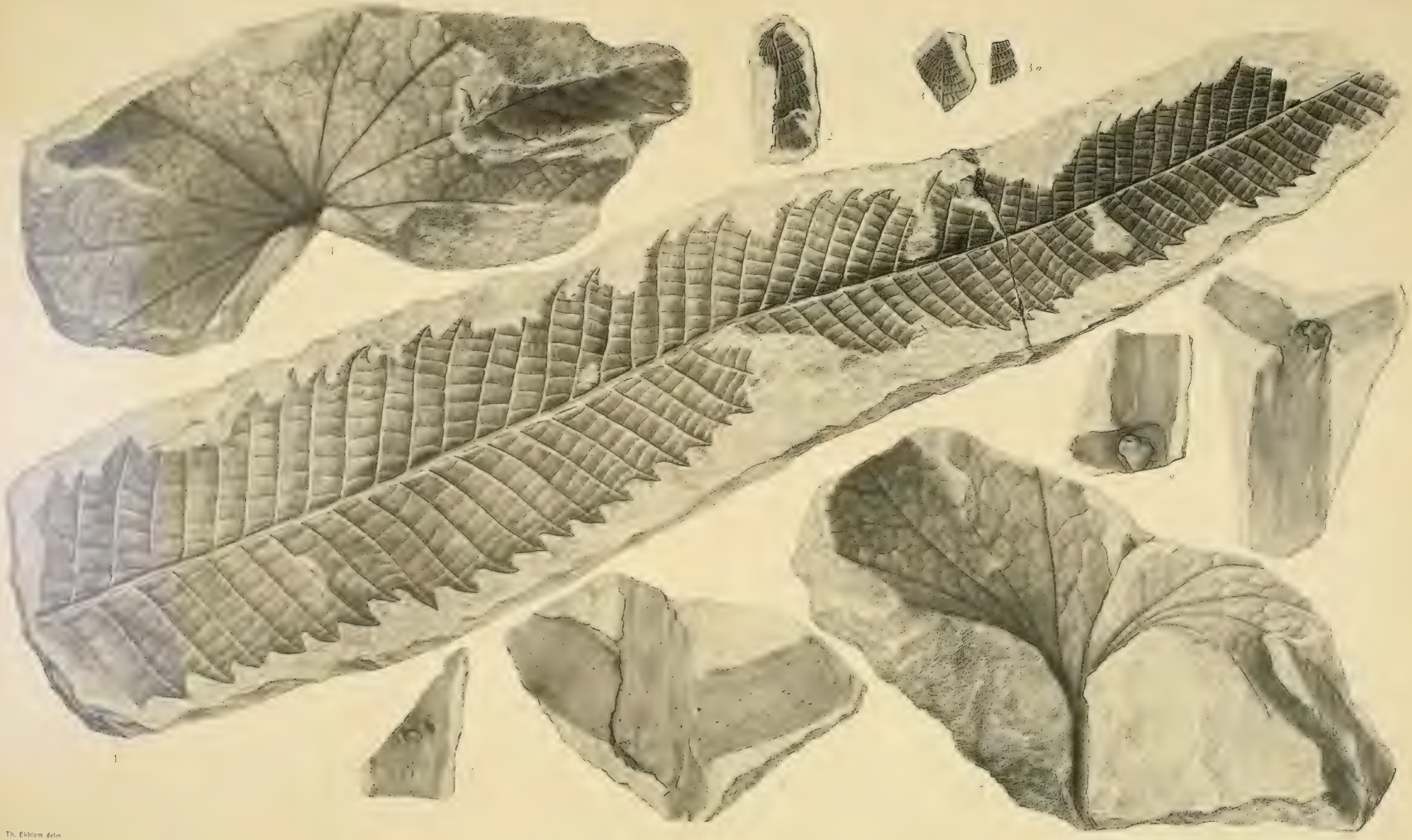
Tryckt den 27 juni 1906.

Uppsala 1906. Almqvist & Wiksells Boktryckeri-A.-B.



C. Hedelin et Th. Ekblom del.n

Ljustryck Justus Ceder quist, Sthlm



Th. Ekblom delin

Ljustryck Justus Cederquist, Sthm

Th. Ekblom delin

Ljustryck Justus Cederquist, Sthlm

Uppsala 1906. Almqvist & Wiksells Boktryckeri-A.-B.

KUNGL. SVENSKA VETENSKAPSAKADEMIENS HANDLINGAR. Band 41. N:o 3.

12,277

DIE REELLE OPTISCHE ABBILDUNG

VON

ALLVAR GULLSTRAND

MIT 2 TEXTFIGUREN

UPPSALA & STOCKHOLM. ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI-A.-B.

BERLIN
R. FRIEDLÄNDER & SOHN
11 CARLSTRASSE

LONDON
WILLIAM WESLEY & SON
28 ESSEX STREET. STRAND

PARIS
LIBRAIRIE H. LE SOUDIER
174 BOULEVARD S:T GERMAIN

KUNGL. SVENSKA VETENSKAPSAKADEMIENS HANDLINGAR. Band 41. N:o 3.

DIE REELLE OPTISCHE ABBILDUNG

VON

ALLVAR GULLSTRAND

MIT 2 TEXTFIGUREN

MITGETEILT AM 11. APRIL 1906

UPPSALA & STOCKHOLM
ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI-A.-B.
1906

INHALT.

		Seite
I.	Methode	1
II.	Die Gesetze erster Ordnung	11
III.	Die Gesetze zweiter Ordnung in einfach asymmetrischen Systemen	43
IV.	Die Gesetze dritter Ordnung in symmetrischen Systemen	84
V.	Die Verwertung der Abbildungsgesetze	109

I. Methode.

Bei der Untersuchung der optischen Abbildung hat man bisher, weil die Gesetze im allgemeinen Falle nicht bekannt sind, von dem Ideale der sogenannten collinearen Abbildung ausgehen müssen, um den tatsächlichen Verhältnissen als Abweichungen von diesem nur in singulären Punkten realisirbaren Ideale näher zu treten. Hier soll der umgekehrte Weg befolgt werden, indem zunächst die allgemeinen Gesetze der reellen optischen Abbildung ermittelt werden sollen. Unter Anwendung einer analytischen Methode, welche es ermöglicht, nicht nur geometrische Grössen an der Stelle der bisher gebräuchlichen Serien einzuführen, sondern auch sämmtliche auf die Abbildung einwirkende Grössen einer und derselben Ordnung sicher zu überblicken, soll die Untersuchung für den Fall, wo eine Symmetrieebene vorliegt, einen Schritt weiter geführt werden. Endlich sollen für die Fälle, wo zwei Symmetrieebenen vorhanden sind, durch nochmalige Weiterführung der Untersuchung die Gleichungen deducirt werden, welche im speciellen Falle von centrirten Systemen mit sphärischen Flächen die bekannten, zuerst von SEIDEL hergeleiteten Formeln ergeben. Die Methode schliesst sich hierbei in der Technik gewissermassen derjenigen von HAMILTON an, doch mit dem Unterschiede, der etwa durch die Verschiedenheit der Gleichungsformen $z=f(xy)$ und $F(xyz)=0$ repräsentirt wird. In der Problemstellung kommt sie der SEIDEL'schen nahe, wenn dieselbe nicht auf axiale Strahlenbündel und centrirte Kugelflächen beschränkt wird. Endlich ist, was Formgebung der Abbildungsgesetze betrifft, die ABBE'sche Invariantenmethode consequent durchgeführt worden.

Ich gehe ohne jegliche Annahme über die Natur des Lichtes von dem für einfach brechende Medien experimentell festgestellten Brechungsgesetz aus. Dieses Gesetz ist bekanntlich für ein ursprünglich homocentrisches Strahlenbündel damit gleichbedeutend, dass nach beliebig vielen Brechungen oder Spiegelungen durch jeden Punkt eines beliebigen Strahles eine Fläche gelegt werden kann, zu welcher sämmtliche Strahlen Normalen sind, und dass die optische Länge eines Strahles zwischen zwei beliebigen solchen Flächen im ganzen Strahlenbündel constant ist. Wenn ich diese Flächen Wellenflächen nenne, so folge ich dabei nur der eingebürgerten Nomenclatur, ohne dadurch irgend etwas über die Natur des Lichtes ausgesagt zu haben, weshalb

ich auch denselben Namen für diejenigen die verlängerten Strahlen senkrecht schneidenden Flächen gebrauche, welche in einem Punkte gelegt werden, wohin das Licht nicht gelangt. Um sämmtliche Abbildungsgesetze in der Form von optischen Invarianten zu erhalten, gebrauche ich nämlich das Gesetz der constanten optischen Länge derart, dass die Weglänge im zweiten Medium negativ gerechnet wird, indem die Wellenflächen sowohl des einfallenden wie des gebrochenen Strahlenbündels auf einer und derselben Seite der brechenden Fläche construirt und die Strahlen des gebrochenen Strahlenbündels zu diesem Zwecke rückwärts verlängert werden. Wenn dabei $\varkappa\varkappa'$ die Weglänge zwischen einem Punkte der Wellenfläche des einfallenden bezw. gebrochenen Strahlenbündels und dem entsprechenden Punkte der brechenden Fläche, $\mu\mu'$ die Brechungsindices sind, so erhält das allgemeine Brechungsgesetz die Form $\mu\varkappa - \mu'\varkappa' = \text{Const.}$ welche durch den Ausdruck

$$\Delta\mu\varkappa = \text{Const.}$$

bezeichnet werden mag, dessen sämmtliche Ableitungen durch Differentiation und durch Variation nach Parametern die Form einer optischen Invariante haben.

Wenn es sich nur darum handelt, die Gesetze der Strahlenvereinigung zu ermitteln, so genügt es, die Weglänge als Funktion von zwei unter den Coordinaten des betreffenden Punktes an der brechenden Fläche gewählten unabhängigen Variabelen darzustellen, wonach die fraglichen Gesetze durch successive Differentiationen obigen Ausdruckes nach diesen Variabelen erhalten werden. Um aber auch die von der Blendenwirkung abhängigen Gesetze der Abbildung zu finden, wobei an der Stelle des leuchtenden Punktes ein Objektflächenelement in Betracht kommt, ist es dementsprechend notwendig und hinreichend, eine zweifache Unendlichkeit von Wellenflächen zu untersuchen, was durch die Einführung von zwei dem einfallenden und gebrochenen Strahle gemeinsamen Parametern geschieht.

Die reelle optische Abbildung eines endlichen Raumes kann nur durch Untersuchung der Abbildung einzelner unendlich kleiner Teile des Raumes ermittelt werden, wobei wiederum zunächst ein Flächenelement dieses unendlich kleinen Raumes zu untersuchen ist.

Den Ausgangspunkt der Untersuchung bildet also ein ausgewähltes Flächenelement im Objektraume, d. h. die nächste Umgebung eines ausgewählten Punktes auf einer Objektfläche. Das optische System bestehe aus beliebigen, einfach brechende Medien von einander trennenden continuirlichen Flächen, auf welchen, soweit sie der Abbildung dienen, Kanten und Spitzen ausgeschlossen sind. Die Strahlenbegrenzung sei durch eine beliebig belegene Blende bewirkt, in welcher ein bestimmter Punkt entsprechend dem centralsten bei der Abbildung des fraglichen Flächenelementes wirksamen Strahle als *Blendencentrum* ausgewählt wird, wobei also, wenn sogenannte Luken vorkommen, verschiedenen Objektflächenelementen verschiedene Blendencentra entsprechen können. Ein im Objektraume durch einen Punkt des untersuchten Objektflächenelementes gehender Strahl, welcher im Blendenraume durch das Blendencentrum geht, wird wie gebräuchlich als *Hauptstrahl*, und derjenige Hauptstrahl, welcher durch den ausgewählten Objektpunkt geht, dessen Umgebung das

untersuchte Objektflächenelement ausmacht, und welcher daher bei der Untersuchung dieses *centraler Objektpunkt* genannt wird als der centrale Hauptstrahl oder kurz als der *centrale Strahl* bezeichnet. Ihm entspricht also bei der Untersuchung der Parachsialstrahlen in centrirten Systemen die optische Achse des Instrumentes. Die Grösse der Blende kommt nicht bei der Herleitung der Abbildungsgesetze, sondern erst dann in Betracht, wenn diese Gesetze dazu verwendet werden sollen, durch Entwickeln nach Potenzen der Blendenöffnung im speciellen Falle einen Ausdruck für die Schärfe des Bildes zu geben. Dagegen wird von der gegenseitigen Beziehung zwischen Blende und untersuchtem Objektflächenelement vorausgesetzt, dass von jedem Punkte dieses Flächenelementes nur ein Strahl zu jedem Punkte der Blendenebene gelangen kann, d. h. dass im Blendenraume kein dem ausgewählten Objektpunkte entsprechender Fokalpunkt mit dem Blendencentrum zusammenfällt oder in unendlich kleinem Abstande von diesem sich befindet, denn andernfalls würde die Blende nicht als solche wirken können. Ebenso werden zunächst nur Objektflächenelemente untersucht, welche einen endlichen Winkel mit dem centralen Strahle bilden.

Die so begrenzte Aufgabe ist sichtlicherweise damit identisch, die vierfache Unendlichkeit von Strahlen zu untersuchen, welche bei einer Objektfläche von endlicher Ausdehnung und bei einer Blende von endlicher Grösse die nächste Umgebung eines ausgewählten centralen Strahles bilden.

Dieser vierfachen Unendlichkeit von Strahlen entspricht eine zweifache Unendlichkeit von Wellenflächen, indem von jedem Objektpunkte ein homocentrisches Strahlenbündel ausgeht, welches nach beliebigen Brechungen immer durch eine Wellenfläche charakterisirt ist. Von jedem Objektpunkte geht aber auch ein in diesem Strahlenbündel enthaltener Hauptstrahl aus, und da sämmtliche Hauptstrahlen im Blendenraume ein homocentrisches Strahlenbündel bilden, so wird das Hauptstrahlenbündel überall durch eine Wellenfläche bestimmt, welche mit jeder der genannten Wellenflächen eine Normale gemeinsam hat, mithin in jedem Punkte von einer derselben berührt wird, d. h. die einhüllende Fläche derselben darstellt. Wird nun bei Untersuchung der Brechung in einer bestimmten brechenden Fläche die Hauptstrahlenwellenfläche mit den in zweifach unendlicher Zahl dieselbe berührenden Wellenflächen sowohl für die einfallenden wie für die gebrochenen Strahlen auf einer und derselben Seite der brechenden Fläche construirt, wobei die gebrochenen Strahlen zu diesem Zwecke rückwärts verlängert werden, so gilt die Beziehung $\Delta\mu\varkappa = \text{Const.}$ längs jedem beliebigen Strahle eines jeden beliebigen Strahlenbündels, da ja die Differenz in jedem Strahlenbündel längs allen Strahlen dieselbe wie längs dem in demselben enthaltenen Hauptstrahle, längs allen Hauptstrahlen wiederum constant ist.

Mit xyz bezeichne ich die Coordinaten des Punktes, in welchem ein beliebiger Strahl die Wellenfläche des Strahlenbündels schneidet, in dem er enthalten ist, mit $x_0y_0z_0$ den Punkt, in welchem derselbe Strahl die brechende Fläche schneidet. $\varkappa$ ist dann der Abstand zwischen diesen beiden Punkten. Der Punkt, in welchem der Hauptstrahl desselben Strahlenbündels dieselbe Wellenfläche und die diese berührende Hauptstrahlenwellenfläche schneidet, wird durch die Coordinaten $\xi\eta\zeta$ angegeben, während $\xi_0\eta_0\zeta_0$ die Coordinaten des Schnittpunktes dieses Hauptstrahles mit der

brechenden Fläche sind. Es wird nun $\varkappa$ als eine die beiden Parameter $\xi_0\eta_0$ enthaltende Funktion der beiden unabhängigen Variabelen x_0y_0 dargestellt. Die analogen Bezeichnungen für die gebrochenen Strahlen sind überflüssig, da Variabelen und Parameter für den einfallenden und gebrochenen Strahl gemeinsam sind, und dank der Invariantenmethode nur die Beziehungen zwischen den einfallenden Strahlen und der brechenden Fläche ermittelt zu werden brauchen. Eine n-malige Differentiation nach den beiden unabhängigen Variabelen ergiebt $\Delta\mu\alpha^n\varkappa = 0$, d. h.:

$$\mu\left\{\frac{\partial^n\varkappa}{\partial x_0^n}dx_0^n + n\cdot\frac{\partial^n\varkappa}{\partial x_0^{n-1}\partial y_0}dx_0^{n-1}\cdot dy_0 + \cdots\right\} - \mu'\left\{\frac{\partial^n\varkappa'}{\partial x_0^n}dx_0^n + n\cdot\frac{\partial^n\varkappa'}{\partial x_0^{n-1}\partial y_0}dx_0^{n-1}dy_0 + \cdots\right\},$$

welche Gleichung, da x_0y_0 unabhängige Variabelen sind, in $n+1$ Gleichungen von der Form

$$\Delta\mu\,\frac{\partial^n\varkappa}{\partial x_0^m\partial y_0^{n-m}} = 0$$

zerfällt. Auf ganz dieselbe Weise erhält man bei der Variation nach den Parametern die analogen Invarianten. Es folgt hieraus, dass, wenn $nm\nu\mu$ ganze positive Zahlen bedeuten, die auch gleich Null sein können, und wenn dasselbe von den Zahlen $n-m$ und $\nu-\mu$ gilt, die optischen Invarianten der Ordnung $n+\nu$ die Form

$$\Delta\mu\,\frac{\delta^\nu\partial^n\varkappa}{\delta\xi_0^\mu\delta\eta_0^{\nu-\mu}\partial x_0^m\partial y_0^{n-m}} = 0$$

haben, sowie dass es keine anderen algebraischen Abbildungsgleichungen dieser Ordnung giebt als die durch diesen Ausdruck bei den möglichen Variationen der Zahlen $nm\nu\mu$ angegebenen, wenn die Variation innerhalb der eben gesetzten Grenzen und unter Beibehalten der constanten Summe $n+\nu$ erfolgt. Allerdings soll schon hier betont werden, dass die Sonderfälle, wo ein dem Objekt- oder Blendencentrum entsprechender Fokalpunkt auf die brechende Fläche fällt oder in unendlich kurzem Abstande von derselben liegt, eine eigene Untersuchung erfordern, da hierbei mit diesen Variabelen und Parametern der eine oder andere Differentialquotient einen unendlich grossen Wert annimmt.

Die Ermittelung der optischen Invarianten gestaltet sich nun folgendermassen. Es sollen $\alpha\beta\gamma$ die Richtungscosinus des einfallenden Strahles bezeichnen, welcher im Punkte xyz die Wellenfläche, im Punkte $x_0y_0z_0$ die brechende Fläche schneidet. Durch Projection der Coordinatenpolygone dieser Punkte auf den Strahl erhält man:

$$\varkappa = (x_0 - x)\alpha + (y_0 - y)\beta + (z_0 - z)\gamma$$

und durch Projection des Strahles auf die Coordinatenachsen

$$x_0 - x = \varkappa\alpha \qquad y_0 - y = \varkappa\beta \qquad z_0 - z = \varkappa\gamma.$$

Zusammen mit der Beziehung

$$\alpha d\alpha + \beta d\beta + \gamma d\gamma = 0$$

ergeben diese Gleichungen

$$(x_0 - x)d\alpha + (y_0 - y)d\beta + (z_0 - z)d\gamma = 0$$

Da nun weiter das Strahlenbündel ein Normalenbündel der Wellenfläche darstellt, so gilt über das ganze Bündel:

$$\alpha dx + \beta dy + \gamma dz = 0,$$

wonach durch Differentiation der zuerst angeführten Gleichung die bekannte Beziehung

$$d\varkappa = \alpha dx_0 + \beta dy_0 + \gamma dz_0$$

resultirt, welche für $x_0 y_0$ als unabhängige Variabelen, und wenn die Differentialquotienten der Gleichung der brechenden Fläche in der Form $z_0 = f(x_0 y_0)$ nach gebräuchlicher Art mit $pq\ldots$ bezeichnet werden, die Form

$$d\varkappa = (\alpha + p\gamma)dx_0 + (\beta + q\gamma)dy_0$$

annimmt, die mithin ein vollständiges Differential darstellt, d. h. eine über die ganze brechende Fläche giltige Beziehung angiebt.

Die Untersuchung besteht also in Differentiationen und Variationen dieses Differentials nach den unabhängigen Variabelen bezw. den Parametern. Hierbei sind p und q durch die Gleichung der brechenden Fläche bekannte Funktionen von $x_0 y_0$ und in ganz derselben Weise von $\xi_0 \eta_0$, da ja beide Coordinatenpaare Punkte bezeichnen, die auf der brechenden Fläche liegen. Mit Hilfe der schon angewendeten Relation wird $d\gamma$ durch $d\alpha$ und $d\beta$ ausgedrückt. Es erübrigt also nur, α und β als Funktionen von $x_0 y_0$ darzustellen, sowie der Variation dieser Grössen und ihrer Differentialquotienten nach den Parametern $\xi_0 \eta_0$ einen analytischen Ausdruck zu geben.

Mit Hilfe der Wellenflächengleichung sind die Richtungscosinus der Normale bekannte Funktionen der Coordinaten xy, welche wiederum durch die oben angewendeten, mittels Projection der Normale auf die Coordinatenachsen gewonnenen Gleichungen als Funktionen von $x_0 y_0$ dargestellt werden. Es ergiebt sich also z. B.:

$$d\alpha = \frac{\partial \alpha}{\partial x}dx + \frac{\partial \alpha}{\partial y}dy \qquad dx = \frac{\partial x}{\partial x_0}dx_0 + \frac{\partial x}{\partial y_0}dy_0 \qquad dy = \frac{\partial y}{\partial x_0}dx_0 + \frac{\partial y}{\partial y_0}dy_0,$$

mithin

$$\frac{\partial \alpha}{\partial x_0} = \frac{\partial \alpha}{\partial x}\frac{\partial x}{\partial x_0} + \frac{\partial \alpha}{\partial y}\frac{\partial y}{\partial x_0} \qquad \frac{\partial \alpha}{\partial y_0} = \frac{\partial \alpha}{\partial x}\frac{\partial x}{\partial y_0} + \frac{\partial \alpha}{\partial y}\frac{\partial y}{\partial y_0},$$

wo sämmtliche rechts stehenden partiellen Differentialquotienten bekannt sind. Wie die Richtungscosinus der Normale die Differentialquotienten erster Ordnung der Wellenflächengleichung eindeutig bestimmen und umgekehrt, so ist dasselbe mit den Differentialquotienten $\frac{\partial \alpha}{\partial x}\cdots$ und den Differentialquotienten zweiter Ordnung der Flächengleichung u. s. w. der Fall. Die Differentialquotienten der Wellenflächengleichung geben aber die analytischen Ausdrücke für die am Objektpunkte bekannten, für den Bildpunkt gesuchten Eigenschaften der Strahlenvereinigung ab.

Die angeführten Gleichungen sind für jeden Strahl giltig, werden aber auf den centralen Strahl angewendet, da es sich ja darum handelt, die demselben am nächsten verlaufenden Strahlen zu untersuchen. Nach erfolgter Differentiation der allgemeinen Ausdrücke werden also die für den centralen Strahl geltenden Werte eingesetzt. Bei der Variation nach den Parametern hat man deshalb $x_0 = \xi_0$ $y_0 = \eta_0$ zu setzen, d. h. die allgemeinen für einen Hauptstrahl giltigen Beziehungen einzuführen. Es sind dabei $\alpha\beta$ ganz auf dieselbe Weise durch die Hauptstrahlenwellenflächengleichung bekannte Funktionen von $\xi_0\eta_0$, und durch successive Variationen des Ausdruckes für dz nach diesen Parametern erhält man nach identischer Methode die durch den Differentialquotienten letzterwähnter Flächengleichung bestimmten, am Objekt bekannten, für das Bild gesuchten Werte. Auf ähnliche Weise werden durch successive Variationen der nach $x_0 y_0$ abgleiteten partiellen Differentialquotienten von α und β die übrigen, die Abbildung charakterisirenden, am Objekt bekannten, am Bild gesuchten Grössen dargestellt, indem immer ein Ausdruck von der Form $\frac{\partial \partial \alpha}{\partial \xi \partial x} \cdots$ den Übergang zu dem gesuchten Ausdrucke von der Form $\frac{\partial \partial \alpha}{\partial \xi_0 \partial x_0} \cdots$ bildet.

Um die Operationen möglichst zu vereinfachen, wird die Brechungsebene des centralen Strahles als XZ-Ebene und die Tangentialebene der brechenden Fläche als XY-Ebene gewählt, wobei der Anfangspunkt des Coordinatensystems mit dem Punkte zusammenfällt, in welchem der centrale Strahl die brechende Fläche schneidet. Für diesen Punkt ist dann in der Gleichung der brechenden Fläche $p = q = 0$, während für den centralen Strahl $\beta = 0$ und α gleich dem Sinus, γ gleich dem Cosinus des Einfallswinkels ist. Die Hauptstrahlenwellenfläche mit den sie berührenden, den verschiedenen Objektpunkten entsprechenden Wellenflächen wird für den Abstand $z = 0$ construirt, so dass dieselbe sowohl wie die dem centralen Objektpunkte entsprechende Wellenfläche durch den Anfangspunkt des Coordinatensystems geht.

Für die brechende Fläche bietet das Coordinatensystem $p = q = 0$ Vorteile, welche mit der Gleichungsform $z = f(xy)$ für die Wellenfläche des einfallenden Strahlenbündels nicht zu erreichen sind, indem im allgemeinen Falle p von Null verschieden ist. Da aber längs dem centralen Strahle $\beta = 0$ ist, so können dieselben Vorteile dadurch erreicht werden, dass auf folgende Weise die Beziehungen zwischen den Differentialquotienten $\frac{\partial \alpha}{\partial x} \cdots$ und den Fokalabständen bezw. der Lage der Hauptschnitte des Strahlenbündels direkt ermittelt werden.

Diese Differentialquotienten sind unter der Voraussetzung entwickelt worden, dass $\alpha\beta$ Funktionen der unabhängigen Variabelen xy sind, welche Coordinaten des auf der Wellenfläche belegenen Punktes darstellen, in welchem die Normale mit den Richtungscosinus $\alpha\beta$ diese Fläche schneidet. Zunächst muss daher, um Missverständnissen vorzubeugen, daran erinnert werden, dass diese Werte ganz andere sind als z. B. die bei HAMILTON unter ähnlicher Bezeichnung angewendeten, durch welche $\alpha\beta$ als Funktionen von den drei unabhängigen Variabelen xyz dargestellt werden. Dann ist aber in erster Linie die allgemeingiltige Beziehung zu ermitteln, welche ein Nor-

malenbündel von einem allgemeinen Strahlenbündel unterscheidet und mithin für das untersuchte Strahlenbündel gilt, eine Beziehung, deren Existenz schon daraus hervorgeht, dass die Zahl der Differentialquotienten $\frac{\partial \alpha}{\partial x} \cdots$ vier ist, während in der Gleichung $z = f(xy)$ nur drei Differentialquotienten zweiter Ordnung denselben entsprechen.

Daraus, dass über das ganze Strahlenbündel die Beziehung $\alpha dx + \beta dy + \gamma dz = 0$ gilt, folgt unmittelbar

$$\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\alpha}{\gamma}\right) = \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\beta}{\gamma}\right),$$

d. h. nach Ausführung der Differentiation:

$$(1 - \beta^2)\frac{\partial \alpha}{\partial y} - (1 - \alpha^2)\frac{\partial \beta}{\partial x} = \alpha\beta\left(\frac{\partial \alpha}{\partial x} - \frac{\partial \beta}{\partial y}\right).$$

Die entsprechende Beziehung zwischen den Differentialquotienten $\frac{\partial \alpha}{\partial x_0} \cdots$ folgt daraus, dass der angegebene Wert für $d\varkappa$ ein vollständiges Differential darstellt, mithin

$$\frac{\partial}{\partial y_0}(\alpha + p\gamma) = \frac{\partial}{\partial x_0}(\beta + q\gamma)$$

sein muss, woraus die gesuchte Relation

$$(p\alpha - \gamma)\frac{\partial \alpha}{\partial y_0} - (q\beta - \gamma)\frac{\partial \beta}{\partial x_0} = q\alpha\frac{\partial \alpha}{\partial x_0} - p\beta\frac{\partial \beta}{\partial y_0}$$

hervorgeht. Wenn die beiden Flächen einander berühren, wobei $p = -\frac{\alpha}{\gamma}$ $q = -\frac{\beta}{\gamma}$ zu setzen ist, geht letztere Beziehung in erstere über, und umgekehrt kann diese durch die Differentialquotienten $\frac{\partial x}{\partial x_0} \cdots$, obwohl mit umständlicher Rechnung, in jene übergeführt werden.

Unter der Bedingung, dass diese Beziehung über das ganze Strahlenbündel gilt, stellt dasselbe also ein Normalenbündel dar, wobei sämmtliche Strahlen in zwei Scharen von abwickelbaren Flächen enthalten sind, welche einander längs jedem Strahle rechtwinklig schneiden. Wird nun der Punkt, in welchem ein durch den Punkt xyz der Wellenfläche gehender Strahl die Kantlinie der einen durch denselben gehenden abwickelbaren Fläche berührt, mit $x_1 y_1 z_1$ bezeichnet, und ist ρ der Abstand zwischen beiden Punkten, wobei also $\frac{1}{\rho}$ die entsprechende Hauptkrümmung der Wellenfläche darstellt, so erhält man nach derselben Methode wie oben für $d\varkappa$:

$$d\rho = \alpha dx_1 + \beta dy_1 + \gamma dz_1$$

und mithin da die Flächennormale die Kantlinie berührt, wenn das Bogenelement dieser mit $d\sigma$ bezeichnet wird:

$$d\rho = d\sigma \qquad dx_1 = \alpha d\rho \qquad dy_1 = \beta d\rho.$$

Durch Differentiation der beiden Gleichungen

$$x_1 - x = \rho\alpha \qquad y_1 - y = \rho\beta$$

ergiebt sich dann:

$$-dx = \rho d\alpha \qquad -dy = \rho d\beta$$

oder, wenn der Differentialquotient $\frac{dy}{dx}$ für die Hauptkrümmungslinie der Wellenfläche mit λ bezeichnet wird:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\partial\alpha}{\partial x} + \lambda\frac{\partial\alpha}{\partial y} = \frac{\partial\beta}{\partial y} + \frac{1}{\lambda}\frac{\partial\beta}{\partial x},$$

worin einesteils eine lineare Beziehung zwischen einander zugehörigen Werten von ρ und λ, anderenteils aber auch die Gleichung für die Hauptnormalschnitte der Wellenfläche enthalten ist. Durch Elimination von λ erhält man die Gleichung für die Hauptkrümmungen der Wellenfläche:

$$\frac{1}{\rho^2} + \frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial\alpha}{\partial x} + \frac{\partial\beta}{\partial y}\right) + \frac{\partial\alpha}{\partial x}\cdot\frac{\partial\beta}{\partial y} - \frac{\partial\alpha}{\partial y}\cdot\frac{\partial\beta}{\partial x} = 0,$$

welche, wenn H und K wie gewöhnlich Summe und Produkt der Hauptkrümmungen bedeuten, durch die Ausdrücke:

$$-H = \frac{\partial\alpha}{\partial x} + \frac{\partial\beta}{\partial y} \qquad K = \frac{\partial\alpha}{\partial x}\cdot\frac{\partial\beta}{\partial y} - \frac{\partial\alpha}{\partial y}\cdot\frac{\partial\beta}{\partial x}$$

dargestellt wird. Die Übereinstimmung dieser Ausdrücke für Hauptkrümmungen und Orientirung der Hauptnormalschnitte mit den bekannten, durch die Differentialquotienten der Gleichung $z = f(xy)$ dargestellten lässt sich unmittelbar durch Differentiation der durch diese Differentialquotienten dargestellten Werte für die Richtungscosinus der Normale constatiren. Auch die für die folgende Untersuchung sehr nützliche Beziehung zwischen einander zugehörigen Werten von ρ und λ kann unschwer unter Benützung dieser Differentialquotienten hergeleitet werden.

Da Krümmungshalbmesser und Hauptnormalschnitte der Wellenfläche die Fokalabstände und Hauptschnitte des Strahlenbündels darstellen, so sind hiermit die Relationen gegeben, durch welche diese eindeutig die Differentialquotienten $\frac{\partial\alpha}{\partial x}\cdots$ bestimmen und umgekehrt. Sämmtliche Objekt und Bild charakterisirenden Grössen höherer Ordnung werden auch durch Differentiation oder Variation dieser allgemeingiltigen Relationen ermittelt werden, wonach in die so erhaltenen Werte die durch das angewendete Coordinatensystem $p = q = \beta = 0$ bedingten Vereinfachungen eingeführt werden.

In diesem Coordinatensystem ergiebt sich zunächst:

$$\frac{\partial \alpha}{\partial y} = \gamma^2 \frac{\partial \beta}{\partial x} \qquad \frac{\partial \alpha}{\partial y_0} = \frac{\partial \beta}{\partial x_0},$$

dann weiter aus dem allgemeinen Ausdrucke für die Normalkrümmung

$$-\frac{dx\,d\alpha + dy\,d\beta + dz\,d\gamma}{dx^2 + dy^2 + dz^2}$$

für die Schnittlinien der Wellenfläche mit den Coordinatenebenen die Normalkrümmungen $-\frac{\partial \alpha}{\partial x}$ bezw. $-\frac{\partial \beta}{\partial y}$, wonach aus obenstehenden Relationen hervorgeht, dass für die Wellenfläche des einfallenden Strahlenbündels die drei Grössen

$$-\frac{\partial \alpha}{\partial x} \qquad -\frac{1}{\gamma}\frac{\partial \alpha}{\partial y} = -\gamma \frac{\partial \beta}{\partial x} \qquad -\frac{\partial \beta}{\partial y}$$

dieselbe einfache geometrische Bedeutung haben, wie für die brechende Fläche die drei Differentialquotienten zweiter Ordnung $r\,s\,t$.

Die optischen Invarianten erster Ordnung $\mu \frac{\partial \varkappa}{\partial x_0}$ $\mu \frac{\partial \varkappa}{\partial y_0}$, welche aus dem oben hergeleiteten Werte für $d\varkappa$ entnommen werden, geben uns das allgemeine Brechungsgesetz in den beiden Gleichungen

$$\Delta \mu\,(\alpha + p\gamma) = 0 \qquad \Delta \mu\,(\beta + q\gamma) = 0,$$

von welchen im Coordinatensystem $p = q = \beta = 0$ letztere besagt, dass der gebrochene Strahl in der Einfallsebene bleibt, erstere das Sinusgesetz darstellt. Dieselben Gleichungen erhält man aus dem gebräuchlichen analytischen Ausdrucke des Brechungsgesetzes

$$\mu\alpha - \mu'\alpha' = -\frac{p}{N}(\mu \cos i - \mu' \cos i')$$

$$\mu\beta - \mu'\beta' = -\frac{q}{N}(\mu \cos i - \mu' \cos i')$$

$$\mu\gamma - \mu'\gamma' = \frac{1}{N}(\mu \cos i - \mu' \cos i')$$

wo $i\,i'$ Einfalls- und Brechungswinkel, $\alpha'\,\beta'\,\gamma'$ die Richtungscosinus des gebrochenen Strahles bezeichnen, und die Richtungscosinus der Normale der brechenden Fläche durch die Differentialquotienten der Flächengleichung ausgedrückt sind, indem $N^2 = 1 + p^2 + q^2$ gesetzt worden ist, wenn man aus diesen Gleichungen $\frac{1}{N}(\mu \cos i - \mu' \cos i')$ eliminirt.

Die nach der beschriebenen Methode auszuführenden Differentiationen und Variationen der Funktion $\varkappa$ sind also wörtlich mit den entsprechenden Ableitungen aus dem analytischen Ausdrucke des allgemeinen Brechungsgesetzes identisch.

Ausser den durch die optischen Invarianten gegebenen algebraischen Gleichungen sind zur Ableitung der Abbildungsgesetze auch Differentialgleichungen nötig. Da die Coordinaten $x_0 y_0$ beiden Strahlenbündeln gemeinsam sind, so hat man in Invariantenform die Differentialgleichungen $\Delta \delta^m \xi_0 d^{n-m} x_0 = 0$ $\Delta \delta^m \eta_0 d^{n-m} y_0 = 0$, und es leuchtet ein, dass es keine andere die Abbildung bestimmende Differentialgleichungen n-ter Ordnung giebt, als die durch die verschiedenen möglichen Kombinationen von diesen mit den optischen Invarianten erhaltenen *optischen Differentialinvarianten n-ter Ordnung.*

II. Die Gesetze erster Ordnung.

Die optischen Invarianten zweiter Ordnung, welche in den Gleichungen $\Delta\mu d^2\varkappa = 0$ und $\Delta\mu\delta d\varkappa = 0$ enthalten sind, ergeben die Beziehungen zwischen den Differentialquotienten zweiter Ordnung in den Gleichungen der brechenden Fläche und der Wellenflächen des einfallenden und gebrochenen Strahlenbündels, sowohl in Bezug auf den centralen Objektpunkt wie auf das Blendencentrum. Auf ein System mit unendlich kleiner Blende angewendet, stellen diese Beziehungen die bei Vernachlässigung unendlich kleiner Grössen höherer Ordnung als der ersten geltenden Gesetze der optischen Abbildung dar. Bei endlich grosser Blende mögen daher die aus diesen Invarianten hergeleiteten Gesetze die Gesetze erster Ordnung genannt werden.

Erstere Gleichung zerfällt für das angewendete Coordinatensystem in die drei Gleichungen

$$\Delta\mu\left(\frac{\partial\alpha}{\partial x_0}+\gamma r\right)=0 \qquad \Delta\mu\left(\frac{\partial\alpha}{\partial y_0}+\gamma s\right)=0 \qquad \Delta\mu\left(\frac{\partial\beta}{\partial y_0}+\gamma t\right)=0,$$

wobei, wie dargelegt wurde, $\frac{\partial\alpha}{\partial y_0}=\frac{\partial\beta}{\partial x_0}$ ist. Die Differentiation der beiden Gleichungen

$$x_0 - x = \varkappa\alpha \qquad\qquad y_0 - y = \varkappa\beta$$

ergiebt für $\varkappa = 0$ und $d\varkappa = \alpha dx_0$:

$$dx = \gamma^2 dx_0 \qquad\qquad dy = dy_0$$

Es mögen nun die Fokalabstände des einfallenden Strahlenbündels, d. h. die Hauptkrümmungsradien der Wellenfläche, mit τ, $\tau_{,,}$ bezeichnet und positiv gerechnet werden, wenn die Concavität der Wellenfläche nach der Richtung wachsender Werte von Z gekehrt ist, welche Richtung mit der der Lichtbewegung zusammenfallen mag. Es sei weiter ϑ der Winkel, den der erste Hauptnormalschnitt mit dem Krümmungsradius τ, mit der Einfallsebene bildet, wobei die Richtung, in welcher dieser Winkel positiv zu rechnen ist, dadurch bestimmt wird, dass für die entsprechende erste Haupttangente $\frac{dy}{dx}=\frac{\operatorname{tg}\vartheta}{\cos i}$ ist.

Werden nun für den bequemeren Gebrauch der Invarianten zweiter Ordnung folgende Bezeichnungen angewendet

$$-\frac{\partial \alpha}{\partial x} = R \qquad -\frac{1}{\gamma}\frac{\partial \alpha}{\partial y} = -\gamma\frac{\partial \beta}{\partial x} = S \qquad -\frac{\partial \beta}{\partial y} = T,$$

wobei die entwickelte Beziehung zwischen zugehörigen Werten von ρ und λ die Form

$$\frac{1}{\tau_r} = R + S\operatorname{tg}\vartheta = T + S\cot\vartheta$$

annimmt, indem für die erste Haupttangente $\gamma\lambda = \operatorname{tg}\vartheta$ ist, so erhält man, da $-\frac{\partial \alpha}{\partial x}$ bezw. $-\frac{\partial \beta}{\partial y}$ die Normalkrümmung der Wellenfläche in den Schnittlinien mit der XZ- bezw. YZ-Ebene darstellen, durch das EULER'sche Theorem:

$$R = \frac{\cos^2\vartheta}{\tau_r} + \frac{\sin^2\vartheta}{\tau_n} \qquad T = \frac{\sin^2\vartheta}{\tau_r} + \frac{\cos^2\vartheta}{\tau_n},$$

wonach aus obenstehender Relation zwischen τ_r und $\operatorname{tg}\vartheta$ resultirt:

$$S = \sin\vartheta\cos\vartheta\left(\frac{1}{\tau_r} - \frac{1}{\tau_n}\right),$$

welcher Wert bekanntlich die geodätische Torsion längs denselben Schnittlinien darstellt.

Haben ρ_r ρ_n θ dieselbe Bedeutung für die brechende Fläche wie τ_r τ_n ϑ für die Wellenfläche des einfallenden Strahlenbündels, so ergeben sich auf ähnliche Weise dieselben Beziehungen zwischen jenen Grössen und den Differentialquotienten $r\,s\,t$ wie zwischen diesen und den Werten $R\,S\,T$, so dass

$$r = \frac{\cos^2\theta}{\rho_r} + \frac{\sin^2\theta}{\rho_n}$$

ist u. s. w.

Da nun im angewendeten Coordinatensystem

$$\frac{\partial \alpha}{\partial x_0} = \frac{\partial \alpha}{\partial x}\cdot\frac{\partial x}{\partial x_0} = \gamma^2\frac{\partial \alpha}{\partial x} \qquad \frac{\partial \alpha}{\partial y_0} = \frac{\partial \alpha}{\partial y} \qquad \frac{\partial \beta}{\partial y_0} = \frac{\partial \beta}{\partial y} \qquad \gamma = \cos i$$

ist, so nehmen die *optischen Invarianten* die Form

$$\Delta\mu\cos i\,(R\cos i - r) = 0$$
$$\Delta\mu\cos i\,(S - s) = 0$$
$$\Delta\mu\,(T - t\cos i) = 0$$

an, welche nach Einsetzen der Werte τ_r τ_n ϑ ρ_r ρ_n θ und der entsprechenden τ'_r τ'_n ϑ' für das gebrochene Strahlenbündel in diejenige übergeht, die STURM zuerst diesen nach ihm bekannten Formeln für die Berechnung des gebrochenen Strahlenbündels gegeben hat.

Ist das einfallende Strahlenbündel und die brechende Fläche bekannt, so erhält man durch diese Formeln die Normalkrümmung und die geodätische Torsion in den Schnittlinien der Wellenfläche des gebrochenen Strahlenbündels mit den Coordinatenebenen, aus welchen Werten mittels obenstehender Relationen die Fokalabstände und die Orientation des ersten Hauptschnittes des Strahlenbündels erhalten werden, wobei folgende Form die bequemste ist:

$$\operatorname{tg} 2\vartheta = \frac{2S}{R-T} \qquad \frac{1}{\tau_{,}} = R + S\operatorname{tg}\vartheta \qquad \frac{1}{\tau_{,,}} = T - S\operatorname{tg}\vartheta$$

Die Gleichung $\Delta\mu\delta\varphi\varkappa = 0$ führt auf ähnliche Weise zu ganz denselben Formeln für das gebrochene Hauptstrahlenbündel, indem die Werte $\frac{\delta\alpha}{\delta\xi}\cdots$ für die bezügliche Wellenfläche dieselbe Bedeutung haben, wie für die Wellenfläche des dem centralen Objektpunkte entsprechenden Strahlenbündels die Werte $\frac{\partial\alpha}{\partial x}\cdots$, und daher auch $\frac{\delta\partial\varkappa}{\delta\eta_0\partial x_0} - \frac{\delta\partial\varkappa}{\delta\xi_0\partial y_0}$ ist. Die allgemeinen Abbildungsgesetze erster Ordnung sind also aus den bekannten STURM'schen Formeln herzuleiten.

Die Strahlenvereinigung. Da es sich nur um Strahlenbündel handelt, welche Normalenbündel darstellen, so wird die Art der Strahlenvereinigung durch die allgemeinen Eigenschaften letzterer bestimmt. Es bilden also die Strahlen zwei Scharen von abwickelbaren Flächen, welche einander längs jedem Strahle unter rechten Winkeln schneiden, und deren Tangentialebenen die *Hauptschnitte* des Strahlenbündels längs dem fraglichen Strahle darstellen. Die *Fokalpunkte* sind die Berührungspunkte des Strahles mit den Kantlinien der beiden abwickelbaren Flächen, in welchen er enthalten ist. Sämmtliche Kantlinien der beiden Scharen von abwickelbaren Flächen bilden zusammen je eine *kaustische Fläche* oder Evolutenschale, welche von den abwickelbaren Flächen der anderen Schar berührt wird. Die in den Fokalpunkten senkrecht auf dem Strahle stehenden Ebenen sind die *Fokalebenen*, die in denselben enthaltenen Tangenten der kaustischen Flächen die *Fokallinien*, wobei also die erste Fokallinie im ersten Fokalpunkt senkrecht auf dem ersten Hauptschnitte steht, mithin im zweiten Hauptschnitte enthalten ist. Schnittpunkte zwischen Strahlen kommen nur in der Nähe der kaustischen Flächen vor, Schnittpunkte zwischen einander unendlich nahe verlaufenden Strahlen nur auf denselben. Die Hauptschnitte repräsentiren die Limeslage der Ebenen, in welchen zwei sich schneidende, einander unendlich nahe verlaufende Strahlen enthalten sind, die Fokalpunkte die Limeslage der Schnittpunkte. Alles bekannte Tatsachen, an die jedoch im Gebiete der geometrischen Optik nicht oft genug erinnert werden kann.

Denn gar zu oft wird das allgemeine Strahlenbündel so aufgefasst, als ob sämmtliche Strahlen approximativ durch die zwei Fokallinien gingen, die daher auch Brennlinien genannt werden, ohne dass man sich dabei über den Grad der Approximation Rechenschaft giebt. Es ist ja wahr, dass bei unendlich kleiner Blende sämmtliche Strahlen durch zwei Einengungen des Strahlenbündels gehen, deren Breite ein Unendlichkleines zweiter Ordnung darstellt, während die Länge unendlich klein von der

ersten Ordnung ist, und welche mithin bei stetig sich verengernder Blende in dem Augenblicke, wo das Strahlenbündel verschwindet, zu Brennlinien werden. Aber von dieser Tatsache zu jener Auffassung ist ein weiter Sprung, bei welchem man wenigstens stets im Gedächtnis haben müsste, dass der Grad der Approximation mathematisch derselbe ist, wie wenn eine Kugelfläche als Ebene aufgefasst wird.

Die STURM'schen Formeln geben nun die Fokalpunkte und die Richtung der Hauptschnitte, mithin auch die der Fokallinien längs dem centralen Strahle, weiter nichts. Um mehr vom gebrochenen Strahlenbündel zu erfahren, giebt es nur zwei Wege: entweder muss man die Formeln längs mehreren Strahlen anwenden, um so die kaustischen Flächen Punkt für Punkt zu construiren, oder man muss die Gesetze höherer Ordnung anwenden, welche die Strahlenvereinigung bestimmen.

Die verschiedenen Arten der möglichen Strahlenvereinigung werden dadurch definirt, dass der Abstand eines beliebigen Strahles vom betreffenden auf dem Hauptstrahl belegenen Fokalpunkt als Funktion der Winkel dargestellt wird, die derselbe Strahl mit zwei durch den Hauptstrahl gelegten Ebenen bildet, wobei eine vollständige Strahlenvereinigung erster, zweiter Ordnung u. s. w. stattfindet, wenn in dieser Funktion die Differentialquotienten erster bezw. erster und zweiter Ordnung gleich Null sind u. s. w.

Auf den kaustischen Flächen des allgemeinen Strahlenbündels ist die Strahlenvereinigung nur eine partielle erster Ordnung, indem für die Fokalebenen je einer der Differentialquotienten verschwindet, wenn als unabhängige Variabelen die Winkel gewählt werden, welche ein Strahl mit den entsprechenden Hauptschnitten bildet. Eine vollständige Strahlenvereinigung erster Ordnung kommt mithin auf einem Strahle mit getrennten Fokalpunkten, längs welchem also das Strahlenbündel *astigmatisch* ist, überhaupt nicht vor. Nur wenn die Fokalpunkte zusammenfallen, wobei das Strahlenbündel längs dem betreffenden Strahle *anastigmatisch* ist, und die STURM'schen Formeln nur die Lage des Fokalpunktes ergeben, besteht in diesem eine vollständige Strahlenvereinigung erster Ordnung. Da ein Zusammenfallen der Fokalpunkte nur auf singulären Strahlen vorkommen kann, längs welchen die beiden kaustischen Flächen einander berühren, und welche Normalen in Kreispunkten der Wellenfläche darstellen, so ist offenbar im allgemeinen Falle eine punktweise unter vollständiger Strahlenvereinigung erster Ordnung zustandekommende Abbildung unmöglich.

Wenn man sich nun im allgemeinen bisher damit begnügt hat, diese Tatsache zu constatiren, so giebt es doch einzelne Zeichen von Vorahnungen des allgemeinen Vorkommens einer anderen Art von Abbildung unter vollständiger Strahlenvereinigung erster Ordnung,[1] wobei zwar nicht ein Punkt in einem anderen, aber eine Linie in einer anderen abgebildet wird. Wäre eine punktweise unter vollständiger Strahlenvereinigung erster Ordnung zustandekommende Abbildung einer Linie möglich, so würde diese Strahlenvereinigung zwei Bedingungen genügen, indem erstens, wenn der Abstand eines beliebigen gebrochenen, von einem Punkte der Objektlinie ausgegangenen Strahles von der Bildlinie als Funktion der beiden Winkel dargestellt wird,

[1] C. J. A. LEROY, Optique physiologique, Théorie de l'astimatisme, Archives d'ophthalmologie, Bd. I, S. 220 ff. und 335 ff., 1881.

die derselbe Strahl mit zwei durch den dem fraglichen Objektpunkte entsprechenden Hauptstrahl gelegten Ebenen bildet, die Differentialquotienten erster Ordnung dieser Funktion gleich Null, zweitens aber auch die verschiedenen Punkte der Objektlinie durch dieselbe Beziehung an die einzelnen Punkte der Bildlinie gebunden wären. Es leuchtet aber ein, dass die Erfüllung letzterer Bedingung für die Abbildung der Linie irrelevant ist. Die hinreichende und notwendige *Bedingung für die Abbildung einer Linie unter vollständiger Strahlenvereinigung erster Ordnung* ist mithin, dass in derjenigen Funktion, welche den Abstand eines beliebigen gebrochenen Strahles von der Bildlinie als von den Öffnungswinkeln abhängig darstellt, die Differentialquotienten erster Ordnung gleich Null sind, oder in der Sprache der Lehre vom Unendlichkleinen: dass bei unendlich kleiner Blende sämmtliche von der Objektlinie ausgegangenen Strahlen bis auf unendlich kleine Grössen höherer Ordnung als der ersten durch die Bildlinie gehen.

Bevor wir nun zur Untersuchung des allgemeinen Vorkommens solcher Abbildungen übergehen, haben wir aber zunächst den speciellen Fall zu untersuchen, wo ein Fokalpunkt des einfallenden Strahlenbündels auf der brechenden Fläche liegt, und für welchen die STURM'schen Formeln nicht giltig sind, da die bei der Herleitung derselben angewendeten Differentialquotienten unendlich grosse Werte annehmen.

Um endliche Werte der Differentialquotienten $\frac{\partial\alpha}{\partial x}\cdots$ zu erhalten, müssen wir dabei zunächst eine in endlichem Abstande von der brechenden Fläche belegene Wellenfläche des einfallenden Strahlenbündels in Betracht ziehen, wonach also $\varkappa$ nicht gleich Null gesetzt werden kann. Die Differentiation der Gleichungen

$$x_0 - x = \varkappa\alpha \qquad y_0 - y = \varkappa\beta$$

ergiebt dann im Coordinatensystem $p = q = \beta = 0$, wobei $d\varkappa = \alpha dx_0$ ist:

$$\frac{\gamma^2 dx_0}{\varkappa} = \left(\frac{1}{\varkappa} + \frac{\partial\alpha}{\partial x}\right)dx + \frac{\partial\alpha}{\partial y}dy$$

$$\frac{dy_0}{\varkappa} = \frac{\partial\beta}{\partial x}dx + \left(\frac{1}{\varkappa} + \frac{\partial\beta}{\partial y}\right)dy\,.$$

Fällt nun einer der Fokalpunkte auf die brechende Fläche, so ist $\varkappa$ gleich einem der Krümmungsradien der Wellenfläche, mithin, wenn für die entsprechende Haupttangente $dy = \lambda dx$ geschrieben wird:

$$\frac{1}{\varkappa} + \frac{\partial\alpha}{\partial x} = -\lambda\frac{\partial\alpha}{\partial y} \qquad \frac{1}{\varkappa} + \frac{\partial\beta}{\partial y} = -\frac{1}{\lambda}\frac{\partial\beta}{\partial x},$$

woraus unter Berücksichtigung der Identität $\frac{\partial\alpha}{\partial y} = \gamma^2\frac{\partial\beta}{\partial x}$ resultirt:

$$dx_0 = \varkappa\frac{\partial\beta}{\partial x}(dy - \lambda dx) = -\lambda dy_0\,.$$

Aus der Gleichung $dx_0 + \lambda dy_0 = 0$ erhellt zunächst, dass λ eine optische Invariante darstellt, da dieselbe Rechnung für das gebrochene Strahlenbündel gilt und die Variabelen $x_0 y_0$ beiden Strahlenbündeln gemeinsam sind, dann aber auch, dass

diese Coordinaten von einander abhängig sind, mithin nur eine derselben als unabhängige Variabele benutzt werden kann, was aber auch genügt, da nunmehr nur einer der Fokalpunkte im gebrochenen Strahlenbündel unbekannt bleibt.

Wird die durch den Einfallspunkt gelegte Wellenfläche wie gewöhnlich durch die Grössen $\tau_{,}\tau_{,,}\vartheta$ bestimmt, wobei also $\tau_{,}=0$ und $\operatorname{tg}\vartheta=\gamma\lambda$ ist, so sind die Fokalabstände der jetzt untersuchten im Abstande $\varkappa$ belegenen Wellenfläche gleich $\varkappa$ bezw. $\varkappa+\tau_{,,}$, und man erhält aus dem allgemeinen Ausdrucke für die Differenz der Hauptkrümmungen

$$\frac{1}{\varkappa}-\frac{1}{\varkappa+\tau_{,,}}=-\lambda\frac{\partial\alpha}{\partial y}-\frac{1}{\lambda}\frac{\partial\beta}{\partial x}$$

im angewendeten Coordinatensysteme:

$$\varkappa\frac{\partial\beta}{\partial x}=-\frac{\lambda}{1+\gamma^2\lambda^2}\cdot\frac{\tau_{,,}}{\varkappa+\tau_{,,}}.$$

Die Differentiation der beiden optischen Invarianten erster Ordnung ergiebt

$$\Delta\mu\left[d\alpha+\gamma\left(r-\frac{s}{\lambda}\right)dx_0\right]=0$$

$$\Delta\mu\left[d\beta+\gamma\left(s-\frac{t}{\lambda}\right)dx_0\right]=0.$$

Wird nach Einsetzen von

$$d\alpha=\frac{\gamma^2dx_0-dx}{\varkappa}\qquad d\beta=\frac{dy_0-dy}{\varkappa}$$

erstere Gleichung nach Division der letzteren mit der optischen Invariante λ von dieser subtrahirt, so erhält man:

$$\Delta\mu\left[\frac{dy_0-\gamma^2\lambda dx_0-dy+\lambda dx}{\lambda\varkappa}-\gamma\left(r-\frac{2s}{\lambda}+\frac{t}{\lambda^2}\right)dx_0\right]=0,$$

aus welchem Ausdrucke, da

$$dy_0=-\frac{1}{\lambda}dx_0\qquad -dy+\lambda dx=\frac{1+\gamma^2\lambda^2}{\lambda}\cdot\frac{\varkappa+\tau_{,,}}{\tau_{,,}}dx_0,$$

mithin

$$\frac{dy_0-\gamma^2\lambda dx_0-dy+\lambda dx}{\lambda\varkappa}=\frac{1+\gamma^2\lambda^2}{\lambda^2\tau_{,,}}dx_0$$

ist, unter Berücksichtigung der Identitäten $\gamma=\cos i$ und $\operatorname{tg}\vartheta=\gamma\lambda$ schliesslich die Invariantengleichung

$$\Delta\mu\cos i\left[\frac{\cos i}{\tau_{,,}\sin^2\vartheta}-(r-2s\cos i\cot\vartheta+t\cos^2 i\cot^2\vartheta)\right]=0$$

resultirt. Setzt man in dieser Formel $-\frac{1}{\lambda}=\operatorname{tg}\omega$, wobei also ω der Winkel ist, den die Linie $dx_0+\lambda dy_0=0$, Schnittlinie des zweiten Hauptschnittes sowohl des ein-

fallenden wie des gebrochenen Strahlenbündels mit der brechenden Fläche, mit de Refractionsebene bildet, und bezeichnet man mit r_ω die Normalkrümmung der brechenden Fläche längs dieser Linie, wobei bekanntlich

$$r_\omega = r\cos^2\omega + 2s\cos\omega\sin\omega + t\sin^2\omega$$

ist, so kann man die drei Invariantengleichungen, welche das gebrochene Strahlenbündel bestimmen, auf folgende Weise schreiben:

$$\Delta\tau_{,} = 0 \qquad \Delta\mu\cos i\left(\frac{\cos i}{\tau_{,,}\sin^2\vartheta} - \frac{r_\omega}{\cos^2\omega}\right) = 0 \qquad \Delta\frac{\operatorname{tg}\vartheta}{\cos i} = 0.$$

Mit diesen Formeln sind die STURM'schen für den Sonderfall, wo sie nicht gelten, complettirt, und man ist also im Stande, in einem beliebigen System, wo der Gang des centralen Strahles bekannt, und streifende Incidenz an den brechenden Flächen ausgeschlossen ist, die Grössen zu ermitteln, welche das im letzten Medium gebrochene Strahlenbündel bestimmen.

Beim Übergang von einer brechenden Fläche zur anderen kann man hierbei entweder aus den bei der Brechung in der $n$ten Fläche erhaltenen Werten $R'_n\, S'_n\, T'_n$ die Grössen $\tau'_n\, \tau''_n\, \vartheta'_n$ mittels der oben angegebenen Formeln berechnen, wonach, wenn d_n den längs dem centralen Strahle gemessenen Abstand der $n+1$ten Fläche von der $n$ten und Ψ_n den Winkel zwischen den zwei Refractionsebenen bezeichnet, die Formeln

$$\tau_{,n+1} = \tau'_n - d_n \qquad \tau_{,,n+1} = \tau'_{,,n} - d_n \qquad \vartheta_{n+1} = \vartheta'_n - \Psi_n$$

die Grössen ergeben, aus welchen die Werte $R_{n+1}\cdots$ erhalten werden; oder aber man kann letztere durch Verschieben und Drehen des Coordinatensystems direkt ermitteln. Diese Methode dürfte jedoch weniger vorteilhaft sein, indem die ziemlich complicirten Formeln sich nicht gut für die trigonometrische Rechnung zu eignen scheinen, weshalb dieselben hier ausgelassen werden sollen.

Werden die beiden durch Differentiation der optischen Invarianten erster Ordnung erhaltenen Gleichungen nach Multiplikation der ersteren mit der optischen Invariante λ summirt, so ergiebt sich:

$$\Delta\mu\left[\frac{dy+\lambda dx}{\varkappa} + \left(\frac{1-\gamma^2\lambda^2}{\lambda\varkappa} - \gamma\left(\lambda r - \frac{t}{\lambda}\right)\right)dx_0\right] = 0,$$

woraus unter Berücksichtigung der Identität

$$\frac{dx_0}{\lambda\varkappa} = \frac{\lambda dx - dy}{(1+\gamma^2\lambda^2)\varkappa} - \frac{dx_0}{\lambda\tau_{,,}}$$

und da

$$\frac{dy+\lambda dx}{\varkappa} + \frac{1}{1+\gamma^2\lambda^2}\cdot\frac{\gamma^2\lambda^2}{\varkappa}\cdot\frac{\lambda dx - dy}{\varkappa} = \frac{2\lambda(dx+\gamma^2\lambda dy)}{(1+\gamma^2\lambda^2)\varkappa}$$

ist, die Invariantengleichung

$$\Delta\psi\left[\frac{2\lambda(dx+\gamma^2\lambda dy)}{(1+\gamma^2\lambda^2)\varkappa}-\left\{\frac{1-\gamma^2\lambda^2}{\lambda\tau_{''}}+\gamma\left(\lambda r-\frac{t}{\lambda}\right)\right\}dx_0\right]=0$$

resultirt, welche erst weiter unten angewendet werden soll, aber, um Wiederholungen zu vermeiden, schon hier deducirt wurde.

Die optische Projection. Wird in einem optischen Systeme die Blende als unendlich eng angenommen, wobei die Gesetze durch Serien ausgedrückt werden, welche nach Potenzen der Blendenöffnung entwickelt sind, so tritt ihre Wirkung auf die Strahlenbegrenzung in den Vordergrund. Da nun aber hier die Gesetze für eine endliche Blendenöffnung entwickelt werden sollen, Serien mithin ausgeschlossen sind, so kann die Wirkung der Blende nur dadurch zu Tage treten, dass ihr Mittelpunkt als Projectionscentrum funktionirt. An die Stelle der Gesetze der Projection im Raume, wo z. B. die Projection einer geraden Linie auf einer Ebene die Schnittlinie dieser mit der durch die fragliche Linie und das Projectionscentrum gelegten Ebene darstellt, treten hierbei die Gesetze der optischen Projection, wobei die Fläche, welche die durch die zu projicirende Linie gehenden Hauptstrahlen bilden, die Projectionsebene längs der Projection der Linie schneidet. Während die Projection im Raume durch conische Flächen im weitesten Sinne des Wortes — einschliesslich also cylindrischer Flächen und Ebenen — vermittelt wird, so wirken bei der optischen Projection Strahlenflächen, welche im allgemeinen Falle windschief sind, d. h. geradlinige Flächen mit negativem Krümmungsmasse. Während die Lochcamera ein Beispiel der allgemeinen Projection giebt, so erhält man ein solches von der optischen Projection, wenn man dieselbe mit einem optischen System verbindet.

Die auf der Blendenwirkung beruhenden Gesetze sind also die Gesetze der optischen Projection, und diese sind wiederum aus den allgemeinen Gesetzen der Strahlenflächen abzuleiten. Zieht man auf einer beliebigen Wellenfläche eine Linie, so stellen die in den verschiedenen Punkten dieser Linie gezogenen Flächennormalen eine Strahlenfläche dar, deren Tangentialebene längs einem ausgewählten Strahle mit den allgemeinen Normalengleichungen verfolgt werden kann. Hierfür eignet sich ein Coordinatensystem, dessen XY-Ebene die untersuchte Wellenfläche tangirt, besser als das bei der Herleitung der optischen Invarianten vorteilhaftere Coordinatensystem $p=q=\beta=0$. Für die folgende Untersuchung wende ich daher ein Coordinatensystem $q=\alpha=\beta=0$ an, dessen XZ-Ebene mithin mit der Refractionsebene zusammenfällt, während die XY-Ebene die im Incidenzpunkt belegene Wellenfläche berührt. Werden für die Darstellung des Überganges zwischen beiden Coordinatensystemen, die Coordinaten im ersteren System vorläufig mit xyz, die im letzteren mit $\xi\eta\zeta$ bezeichnet, so ergeben die bekannten Formeln

$$dx=d\xi\cos i+d\zeta\sin i \qquad dy=d\eta \qquad dz=d\zeta\cos i-d\xi\sin i$$

in welchen i dann positiv gerechnet ist, wenn im Coordinatensystem $p=q=\beta=0$ der Richtungscosinus α einen positiven Wert hat, für Linien, welche auf der Wellenfläche verlaufen, für welche also $d\zeta=0$ ist:

$$d\xi=\frac{dx}{\cos i} \qquad d\eta=dy.$$

Das ähnliche, für das gebrochene Strahlenbündel geltende Coordinatensystem braucht, dank der Invariantenmethode, nicht angewendet zu werden, da es genügt, beide Coordinatensysteme mittels Invarianten mit einander zu verbinden. Für die Beziehung zwischen den Punkten, in welchen ein Strahl die brechende Fläche und die Wellenflächen vor und nach der Brechung schneidet, hat sich eingangs dieses Capitels im Coordinatensystem $p = q = \beta = 0$ ergeben: $dx = \gamma^2 dx_0$ $dy = dy_0$ oder durch Invarianten ausgedrückt $\Delta \frac{dx}{\gamma^2} = 0$ $\Delta dy = 0$, woraus für den Übergang zwischen den beiden für das einfallende, bezw. gebrochene Strahlenbündel geltenden Coordinatensystemen $q = \alpha = \beta = 0$ die Invariantengleichungen

$$\Delta \frac{d\xi}{\cos i} = 0 \qquad \Delta d\eta = 0$$

resultiren.

Im Coordinatensystem $q = \alpha = \beta = 0$ sind die Grössen RST die Differentialquotienten zweiter Ordnung der Wellenfläche, und man erhält also durch Differentiation der allgemeinen Normalengleichungen, wenn nunmehr xyz Coordinaten eines auf der Wellenfläche belegenen Punktes und $\xi\eta\zeta$ laufende Coordinaten des durch diesen Punkt gehenden Strahles bedeuten, die beiden Gleichungen:

$$d\xi = (1 - \zeta R)dx - \zeta S dy \qquad d\eta = -\zeta S dx + (1 - \zeta T)dy.$$

Erteilt man in diesen Gleichungen $\frac{dy}{dx}$ einen bestimmten Wert, so hat man dadurch eine Strahlenfläche ausgewählt, welche die von diesem Werte auf der Wellenfläche bestimmte Linie und den centralen Strahl enthält. Für beliebige Werte von ζ erhält man dann sowohl die Tangente $\frac{d\eta}{d\xi}$ des Winkels, welchen die Tangentialebene der Strahlenfläche in diesem Punkte mit der XZ-Ebene bildet, wie das Verhältnis der Linienelemente der orthogonalen Trajectorien der Strahlen in diesem Punkte und an der Wellenfläche, d. h. man erhält die Differentialquotienten erster Ordnung der Funktionen, welche den Verlauf der projicirten Linie und die durch die Projection bewirkte Vergrösserung bestimmen. Man ersieht auf diese Weise, dass in der allgemeinen Strahlenfläche die Tangentialebene, wenn ζ von $-\infty$ zu $+\infty$ variirt, um 180° gedreht wird, und dass das Verhältnis der Linienelemente der orthogonalen Trajectorien der Strahlen stets endlich bleibt. Ausnahmen hiervon machen nur die Strahlenflächen, welche die Hauptschnitte des Strahlenbündels berühren. Bei diesen ist das Verhältnis des Linienelementes der orthogonalen Trajectorien der Strahlen im entsprechenden Fokalpunkt zu dem bezüglichen Linienelement in einem anderen Punkte gleich Null, und die Tangentialebene bleibt überall in endlichem Abstande vom Fokalpunkte dieselbe, während sie in diesem unbestimmt ist. Die allgemeinen Strahlenflächen, welche längs dem centralen Strahle keinen singulären Punkt aufweisen, nenne ich im folgenden der Kürze halber *windschiefe Strahlenflächen*, während die Strahlenflächen, welche auf dem centralen Strahle einen singulären Punkt, einen Fokus haben und im endlichen Abstande von diesem überall längs demselben Strahle

eine und dieselbe Ebene berühren, als *fokale Strahlenflächen* bezeichnet werden. Die entsprechenden, in der Litteratur der geometrischen Optik meist angewendeten Bezeichnungen »windschiefe», bezw. »ebene Büschel» sind weniger exakt und können zu Missverständnissen Anlass geben. Bezüglich der Zusammensetzung eines Srahlenbündels aus Strahlenflächen soll nur daran erinnert werden, dass sämmtliche Strahlen die beiden kaustischen Flächen berühren, mithin auch sämmtliche den centralen Strahl enthaltenden Strahlenflächen im ersten Fokalpunkt den zweiten Hauptschnitt, im zweiten Fokalpunkt den ersten Hauptschnitt des Strahlenbündels zur gemeinsamen Tangentialebene haben. Auch die fokalen Strahlenflächen machen hiervon keine Ausnahme, da im Fokalpunkte die Tangentialebene unbestimmt bleibt.

Wenn es sich nur um die Projection durch eine bestimmte Strahlenfläche handelt, so braucht man nicht die das ganze Strahlenbündel bestimmenden Grössen zuerst zu berechnen. Die Gesetze erster Ordnung der optischen Projection werden nur durch die Normalkrümmung und die geodätische Torsion der Wellenflächen und der brechenden Flächen in den Schnittlinien mit der Strahlenfläche bestimmt, und man kann diese Gesetze ohne Bezugnahme auf eine Wellenfläche ableiten. Da aber bei der Untersuchung der Abbildung die fraglichen Wellenflächen doch ohnehin bekannt sein müssen, und die optische Projection hier nicht weiter untersucht werden soll, als es für die Kenntnis der Abbildung nötig ist, mag es hinreichend sein, diese Methode angedeutet zu haben.

Bei der Verfolgung der Vorgänge der optischen Projection durch ein optisches System hindurch hat man die oben angegebenen durch Differentiation der allgemeinen Normalengleichungen erhaltenen Gleichungen dann zu benutzen, wenn beim Übergang von der $n$ten fläche zur $n+1$ten die Werte $R_{n+1}\ldots$ aus den Werten $K'_n\ldots$ unmittelbar durch Drehen und Verschieben der Coordinatensysteme berechnet worden sind. Da ich aber oben der Methode der Berechnung jener Werte durch die Grössen $\tau, \tau_{,,}\vartheta$ den Vorzug gegeben habe, so soll auch hier eine Methode für die Verfolgung der optischen Projection angewendet werden, welche sich dieser anpasst.

Hierbei dienen beim Übergang von einer brechenden Fläche zur anderen *die fokalen Öffnungswinkel* eines Strahles zur Bestimmung desselben. Als solche bezeichne ich die Winkel, welche die Projectionen eines Strahles auf den Hauptschnitten des Strahlenbündels mit dem bezüglichen anderen Hauptschnitt bilden, und deren Spitzen mithin bei stetig sich verengernder Öffnung sich immer mehr den Fokalpunkten nähern, so dass diese die Limeslagen der Spitzen der fokalen Öffnungswinkel darstellen. Im anastigmatischen Strahlenbündel treten bei der Bestimmung dieser Winkel zwei beliebige auf einander senkrechte Ebenen — also eventuell auch die Coordinatenebenen — an die Stelle der Hauptschnitte. Für den Fall, dass ein Fokalabstand unendlich gross ist, wird an Stelle des betreffenden fokalen Öffnungswinkels die Bogenlänge der entsprechenden Hauptkrümmungslinie angewendet.

Ist eine durch den centralen Strahl gehende Linie mittels Hauptstrahlenflächen zu projiciren, und bezeichnen s bezw. lmn Bogenlänge und Richtungscosinus der Tangente der Linie im Schnittpunkte mit dem centralen Strahle, sind weiter xyz laufende Coordinaten der Linie, $\xi_1\eta_1\zeta_1$ Coordinaten an der durch den Schnittpunkt der

Linie mit dem centralen Strahle gelegten Hauptstrahlenwellenfläche, so erhält man zunächst für die Projection der Linie auf dieser Wellenfläche durch die oben hergeleiteten Normalengleichungen, in welchen $\zeta = 0$ zu setzen ist; $d\xi_1 = dx$ $d\eta_1 = dy$, mithin

$$d\xi_1 = l\,ds \qquad d\eta_1 = m\,ds.$$

Definirt man die Hauptstrahlenwellenfläche am Incidenzpunkte in der brechenden Fläche durch die Fokalabstände $p_t p_{tt}$ und den Winkel ϑ_0, den der erste Hauptschnitt mit der Refractionsebene bildet, und ist der Abstand der fraglichen Wellenfläche von der brechenden Fläche gleich d, so wird jene durch die Fokalabstände $p_t + d$ $p_{tt} + d$ und den Winkel ϑ_0 bestimmt. Werden dann die fokalen Öffnungswinkel mit $v_t v_{tt}$ bezeichnet, wobei die Limeslage der Spitze des ersteren mit dem ersten Fokalpunkte zusammenfällt, so ergiebt sich durch gewöhnliche Coordinatentransformation

$$dv_t = \frac{d\xi_1 \cos\vartheta_0 + d\eta_1 \sin\vartheta_0}{p_t + d} \qquad dv_{tt} = \frac{d\eta_1 \cos\vartheta_0 - d\xi_1 \sin\vartheta_0}{p_{tt} + d},$$

wodurch auch die Richtungen definirt sind, in welchen die fokalen Öffnungswinkel positiv gerechnet werden. Für die Veränderung dieser Winkel bei der Brechung erhält man unter Berücksichtigung der für den Übergang zwischen den beiden Coordinatensystemen $q = \alpha - \beta = 0$ geltenden Beziehungen $\Delta \frac{d\xi}{\cos i} = 0$ $\Delta d\eta_1 = 0$ ebenfalls durch die bekannten Formeln der Coordinatentransformation die beiden optischen Differentialinvarianten

$$\Delta \frac{1}{\cos i}(p_t dv_t \cos\vartheta_0 - p_{tt} dv_{tt} \sin\vartheta_0) = 0 \qquad \Delta(p_t dv_t \sin\vartheta_0 + p_{tt} dv_{tt} \cos\vartheta_0) = 0,$$

die bei jeder successiven Brechung anzuwenden sind, wobei für den Übergang von der $n$ten Fläche zur $n+1$ten $v_{t_{n+1}} = v'_{t_n}$ $v_{tt_{n+1}} = v'_{tt_n}$ ist. Wenn hierbei nach einer Brechung einer der Fokalabstände p unendlich gross wird, so hat man nur für den betreffenden fokalen Öffnungswinkel $p\,dv = d\sigma$ zu setzen, und es ist $d\sigma_{n+1} = d\sigma'_n$. Auf diese Weise gelangt man schliesslich in das Medium, wo sich die Fläche befindet, auf welche die fragliche Linie projicirt werden soll, und es sind also, wenn die fokalen Öffnungswinkel hier mit $v'_t v'_{tt}$ bezeichnet werden, die Differentialquotienten $\frac{dv'_t}{ds}$ $\frac{dv'_{tt}}{ds}$ nunmehr bekannt. Befindet sich die genannte Fläche in dem längs dem centralen Strahle gemessenen Abstande d' von der letzten brechenden Fläche, und ist die durch den Incidenzpunkt in dieser Fläche gelegte Hauptstrahlenwellenfläche nach der Brechung durch die Grössen $p'_t p'_{tt} \vartheta'_0$ bestimmt, so erhält man zunächst, wenn $\xi'_1 \eta'_1$ Coordinaten an derjenigen Hauptstrahlenwellenfläche sind, welche durch den Schnittpunkt des centralen Strahles mit der Fläche gelegt wird, auf die die fragliche Linie projicirt werden soll:

$$d\xi'_1 = (p'_t - d')dv'_t \cos\vartheta'_0 - (p'_{tt} - d')dv'_{tt} \sin\vartheta'_0$$
$$d\eta'_1 = (p'_t - d')dv'_t \sin\vartheta'_0 + (p'_{tt} - d')dv'_{tt} \cos\vartheta'_0.$$

Sind $x'y'z'$ Coordinaten auf dieser Fläche, wobei also $dx' = d\xi_1'$ $dy' = d\eta_1'$ ist, so sind die Differentialquotienten $\frac{dx'}{ds}$ $\frac{dy'}{ds}$ durch die Rechnung bekannt, und man erhält, wenn s' die Bogenlänge der projicirten Linie, $p'q'$ die Differentialquotienten erster Ordnung der Fläche darstellen, den Ausdruck

$$\frac{ds'}{ds} = \sqrt{(1+p'^2)\left(\frac{dx'}{ds}\right)^2 + 2p'q'\frac{dx'}{ds}\frac{dy'}{ds} + (1+q'^2)\left(\frac{dy'}{ds}\right)^2},$$

wonach für die Richtungscosinus $l'm'n'$ der Tangente der projicirten Linie folgende Werte erhalten werden:

$$l' = \frac{dx'}{ds} : \frac{ds'}{ds} \qquad m' = \frac{dy'}{ds} : \frac{ds'}{ds} \qquad n' = \left(p'\frac{dx'}{ds} + q'\frac{dy'}{ds}\right) : \frac{ds'}{ds}.$$

Diese Methode der Durchrechnung ist nur dann anwendbar, wenn weder auf die zu projicirende Linie noch auf irgend eine der brechenden Flächen ein Fokalpunkt der Hauptstrahlenwellenfläche fällt. Erstere Bedingung liegt im Wesen der Projection, denn wenn ein Fokalpunkt der Hauptstrahlenwellenfläche auf der zu projicirenden Linie läge, so würde entweder, wenn die Fokallinie Tangente der letztgenannten Linie wäre, diese überhaupt nicht als Linie projicirt werden können, oder aber man würde, wenn das nicht der Fall wäre, nur einen einzigen Punkt der Linie durch die Projection verfolgen können. Für den Fall aber, wo ein Fokalpunkt der Hauptstrahlenwellenfläche auf einer brechenden Fläche liegt, sind die oben gegebenen Invariantengleichungen durch andere zu ersetzen, wie es ja auch mit den STURM'schen Gleichungen für diesen Fall geschehen musste.

Bei der Entwickelung der Invariantengleichungen, welche hierbei die STURM'schen Gleichungen ersetzen, wurde die im Coordinatensystem $p = q = \beta = 0$ giltige Gleichung

$$\Delta\mu\left[\frac{2\lambda(dx+\gamma^2\lambda dy)}{(1+\gamma^2\lambda^2)\varkappa} - \left\{\frac{1-\gamma^2\lambda^2}{\lambda\tau_{,,}} + \gamma\left(\lambda r - \frac{t}{\lambda}\right)\right\} dx_0\right] = 0$$

deducirt. Zusammen mit der daselbst angewendeten Gleichung

$$dx_0 - \frac{\lambda\tau_{,,}(\lambda dx - dy)}{(1+\gamma^2\lambda^2)(\varkappa+\tau_{,,})}$$

enthält dieselbe die hier zu deducirenden Differentialinvarianten. Denn für den Fall, dass $p_{,} = 0$ ist, hat man nur in diesen Gleichungen $\tau_{,,}\gamma\lambda$ durch $p_{,,}\cos i \quad \frac{\operatorname{tg}\vartheta_0}{\cos i}$ zu ersetzen, um unter Berücksichtigung, dass dx_0 eine optische Invariante und xyz Coordinaten an der im Abstande $\varkappa$ belegenen Wellenfläche sind, mittels der Beziehungen

$$\varkappa dv_{,} = \frac{dx}{\cos i}\cos\vartheta_0 + dy\sin\vartheta_0 \qquad (\varkappa + p_{,,})dv_{,,} = dy\cos\vartheta_0 - \frac{dx}{\cos i}\sin\vartheta_0 \qquad \Delta\frac{\operatorname{tg}\vartheta_0}{\cos i} = 0$$

die beiden Differentialenvarianten

$$\Delta\cos\vartheta_0 p_{,,}dv_{,,} = 0 \qquad \Delta\mu\left[2\sin\vartheta_0 dv_{,} + \left\{\frac{\cos^2\vartheta_0 - \sin^2\vartheta_0}{\cos\vartheta_0} + p_{,,}\sin\vartheta_0\left(r\frac{\operatorname{tg}\vartheta_0}{\cos i} - t\frac{\cos i}{\operatorname{tg}\vartheta_0}\right)\right\} dv_{,,}\right] = 0$$

zu erhalten. Ist $p_{,,} = \infty$, hat man hier nur $dv_{,,} = 0$ $p_{,,} dv_{,,} = d\sigma_{,,}$ zu setzen. Für $\vartheta_0 = 0$ oder $\vartheta_0 = \frac{\pi}{2}$ hat man die betreffende Gleichung mit $\Delta \frac{\operatorname{tg} \vartheta_0}{\cos i} = 0$ zu dividiren bezw. zu multipliciren, nachdem im ersteren Falle $dx_0 = 0$ gesetzt, mithin das $dv_{,,}$ enhaltende Glied der letzten Gleichung gleich Null gemacht worden ist.

Liegt die Blende auf einer der brechenden Flächen, oder ist das Hauptstrahlenbündel anastimatisch und fällt dabei der Fokalpunkt auf die brechende Fläche, so erhält man im Coordinatensystem $p = q = \beta = 0$ für die Coordinaten xyz auf einer im Abstande z vom Incidenzpunkt construirten Wellenfläche

$$d\alpha = -\frac{dx}{z} \qquad d\beta = -\frac{dy}{z}$$

und durch Differentiation der optischen Invarianten erster Ordnung:

$$\Delta \mu \frac{dx}{z} = 0 \qquad \Delta \mu \frac{dy}{z} = 0$$

oder, wenn die Winkel $v_{,}$ $v_{,,}$ in zwei beliebig gewählten auf einander senkrechten Ebenen gerechnet werden, von welchen diejenige, in welcher $v_{,}$ gemessen wird, mit der Refractionsebene den Winkel ϑ_0 bildet,

$$\Delta \mu \cos i (dv_{,} \cos \vartheta_0 - dv_{,,} \sin \vartheta_0) = 0 \qquad \Delta \mu (dv_{,} \sin \vartheta_0 + dv_{,,} \cos \vartheta_0) = 0 ,$$

wobei die Winkel $\vartheta_0 \vartheta_0'$ im einfallenden und gebrochenen Strahlenbündel unabhängig von einander beliebig gewählt werden können.

Hiermit sind also die vollständigen Gesetze gegeben, mit denen in einem beliebigen optischen Systeme jede Linie, auf welche kein Fokalpunkt der Hauptstrahlenwellenfläche fällt, auf einer beliebigen Fläche an einem beliebigen Orte des Systems projicirt werden kann, wobei die deducirten Formeln die Richtungscosinus der Tangente der projicirten Linie und den Differentialquotienten $\frac{ds'}{ds}$ ergeben, welcher das Mass der durch die Projection erreichten Vergrösserung des Linienelementes darstellt. Diese hängt also ausser vom optischen System und vom Orte der zu projicirenden Linie auch von der Neigung dieser und der Fläche, auf welche sie projicirt wird, gegen den centralen Strahl ab. Definirt man dagegen den *linearen Projectionscoefficienten* als den Wert, welchen $\frac{ds'}{ds}$ dann hat, wenn sowohl die zu projicirende Linie als die Fläche, auf welche diese projicirt wird, senkrecht auf dem centralen Strahl stehen, so ist dieser Coefficient nur von den Eigenschaften des optischen Systems und vom Orte der zu projicirenden Linie abhängig.

Für gewisse Linien giebt es auch im allgemeinen optischen System einen *angulären Projectionscoefficienten.* Die Bedingung ist offenbar, dass die zu projicirenden Linien in fokalen Strahlenflächen liegen, welche auch in dem Medium, wo die Projection erfolgt, einen Fokalpunkt haben. Sind $v_{,}'$ $v_{,,}'$ die fokalen Öffnungswinkel im

Raume, wo die Projection erfolgt, $o_{,}\ o_{,,}$ im Raume, wo die zu projicirende Linie liegt, und hat die Durchrechnung nach oben angegebener Methode die Gleichungen

$$dv'_{,} = k_1 do_{,} + k_2 do_{,,} \qquad dv'_{,,} = k_3 do_{,} + k_4 do_{,,}$$

ergeben, so ist die Bedingung dafür, dass eine der fokalen Hauptstrahlenflächen in diesem Medium auch im anderen einen Fokalpunkt hat, damit gleichbedeutend, dass einer der Differentialquotienten k verschwindet. Ist z. B. $k_3 = 0$, so ist für $do_{,,} = 0$ auch $dv'_{,,} = 0$, wonach Strahlenflächen, welche im einen Medium den ersten Hauptschnitt berühren, auch im anderen dieselbe Eigenschaft haben. Die Linienelemente beliebiger in den beiden fraglichen Medien belegener Linien, welche im Schnittpunkte mit dem centralen Strahle die ersten Hauptschnitte berühren, können dann in einander projicirt werden, und der durch Einsetzen von $do_{,,} = 0$ erhaltene anguläre Projectionscoefficient k_1 stellt den Differentialquotienten erster Ordnung der Funktion dar, durch welche die Winkel, unter denen die Linien vom betreffenden Fokalpunkte erscheinen, von einander abhängig sind. Da diese ausnahmsweise vorkommende Projection für die Lehre von der Abbildung von besonderer Bedeutung ist, mag dieselbe als *fokale Projection* von der gewöhnlichen unterschieden werden, und die beiden Ebenen, welche die zu projicirenden bezw. projicirten Linienelemente enthalten — also im gewählten Beispiele die ersten Hauptschnitte — seien die *Ebenen der fokalen Projection* genannt. Zunächst ist dann ersichtlich, dass, wenn das Hauptstrahlenbündel in beiden Medien astigmatisch ist, das Vorhandensein von zwei Ebenen der fokalen Projection das gleichzeitige Verschwinden von entweder k_1 und k_4 oder k_2 und k_3 erfordert, sowie dass die Hauptschnitte die Ebenen der fokalen Projection darstellen. Ein anderes gleichzeitiges Verschwinden von zwei der Differentialquotienten k ist unmöglich, wenn Spitzen und Kanten an den brechenden Flächen ausgeschlossen sind, weil sonst eine Strahlenfläche aus einem Strahlenbündel entstehen müsste oder umgekehrt. Ist einer der Fokalabstände im letzten Medium, z. B. $p'_{,}$, unendlich gross, so hat die Durchrechnung die Gleichung $p'_{,} dv'_{,} = d\sigma'_{,} = k_1 do_{,} + k_2 do_{,,}$ ergeben. Auf dieselbe Weise werden die unendlich grossen Werte der Differentialquotienten k behandelt, wenn ein Fokalabstand im ersten Medium unendlich gross ist.

Dagegen giebt es im Blendenraume immer zwei einem beliebigen Medium entsprechende Ebenen der fokalen Projection. Wenn nunmehr $o_{,}\ o_{,,}$ die auf die Coordinatenebenen im Blendenraume bezogenen fokalen Öffnungswinkel bezeichnen und für eine Wellenfläche mit dem positiven Krümmungsradius p ein schiefwinkeliges Coordinatensystem eingeführt wird, in welchem die Coordinaten des Schnittpunktes eines Hauptstrahles mit der Wellenfläche $\sigma_{,}\ \sigma_{,,}$ sind, so stellen $\frac{d\sigma_{,}}{p} = dv_1$, bezw. $\frac{d\sigma_{,,}}{p} = dv_2$ die auf dieses Coordinatensystem bezogenen fokalen Öffnungswinkel dar. Man hat dann, wenn $\vartheta_{,}\ \vartheta_{,,}$ die Winkel sind, welche die Coordinatenachsen mit der Refractionsebene bilden,

$$do_{,} = dv_1 \cos\vartheta_{,} + dv_2 \cos\vartheta_{,,} \qquad do_{,,} = dv_1 \sin\vartheta_{,} + dv_2 \sin\vartheta_{,,}$$

wobei die Winkel ϑ immer positiv und zwar in der Richtung, welche durch die für die fragliche Achse giltige Beziehung $\frac{dy}{dx} = \operatorname{tg}\vartheta$ bestimmt wird, zu rechnen sind. Es ergiebt sich also:

$$dv'_{,} = (k_1 \cos\vartheta_{,} + k_2 \sin\vartheta_{,})\, dv_1 + (k_1 \cos\vartheta_{,,} + k_2 \sin\vartheta_{,,})\, dv_2$$
$$dv'_{,,} = (k_3 \cos\vartheta_{,} + k_4 \sin\vartheta_{,})\, dv_1 + (k_3 \cos\vartheta_{,,} + k_4 \sin\vartheta_{,,})\, dv_2,$$

und man findet als Bedingung dafür, dass $v'_{,}$ nur von v_1, $v'_{,,}$ nur von v_2 abhängig sei:

$$\operatorname{tg}\vartheta_{,} = -\frac{k_3}{k_4} \qquad \operatorname{tg}\vartheta_{,,} = -\frac{k_1}{k_2},$$

wodurch die Orientirung der Ebenen der fokalen Projection gegeben ist. Nach Einsetzen dieser Werte erhält man die angulären Projectionscoefficienten

$$\frac{dv'_{,}}{dv_{,}} = k_1 \cos\vartheta_{,} + k_2 \sin\vartheta_{,} \qquad \frac{dv'_{,,}}{dv_1} = k_3 \cos\vartheta_{,,} + k_4 \sin\vartheta_{,,}$$

Wenn die Blende unendlich weit entfernt ist, so erhält man die entsprechenden Werte in der Form $\frac{dv'_{,}}{d\sigma_{,}}$, $\frac{dv'_{,,}}{d\sigma_{,,}}$; wenn einer der Fokalabstände im letzten Medium, z. B. $p'_{,}$, unendlich gross ist, so ergiebt sich die Form $\frac{d\sigma'_{,}}{dv_1}$, und wenn beides der Fall ist, so erhält man einen Coefficienten $\frac{d\sigma'_{,}}{d\sigma_{,}}$.

Eine fokale Projection von Linien endlicher Ausdehnung kommt mittels derjenigen Strahlenflächen im Blendenraume vor, welche im Projectionsraume zu abwickelbaren Flächen werden. Hierbei variirt aber der anguläre Projectionscoefficient von Strahl zu Strahl.

Ist das Strahlenbündel auch im Projectionsraume anastigmatisch, so existirt eine fokale Projection für das Linienelement einer jeden, den centralen Strahl im Blendenraume schneidenden Linie.

Die hier für das Hauptstrahlenbündel entwickelten Gesetze der fokalen Projection sollen weiter unten auf ein Objektstrahlenbündel angewendet werden, wobei der Hauptstrahl an die Stelle des centralen Strahles tritt.

Die Abbildung. Die Faktoren der optischen Abbildung sind, soweit dieselbe ins Gebiet der geometrischen Optik fällt, die Strahlenvereinigung und die optische Projection. Es ist deshalb zu erwarten, dass die Gesetze, denen sie gehorcht, aus den Beziehungen abgeleitet werden können, welche das Hauptstrahlenbündel zu dem vom centralen Objektpunkte ausgegangenen Strahlenbündel überall im System haben muss, da ja beide den centralen Strahl gemeinsam haben und bei der Brechung an identisch denselben Flächen successive Veränderungen erleiden.

Zu diesem Zwecke sei ein beliebiger Hauptstrahl durch *Fokalcoordinaten* $a_{,}$ $a_{,,}$ im Objektstrahlenbündel bestimmt, indem $a_{,}$ den Abstand des Schnittpunktes des fraglichen Hauptstrahles mit der ersten Fokalebene von der ersten Fokallinie des Objektstrahlenbündels, $a_{,,}$ den entsprechenden Abstand seines Schnittpunktes mit der zweiten

Fokalebene darstellt. Ist das Strahlenbündel anastigmatisch, so sind $a_,\ a_{,,}$ Coordinaten in Bezug auf zwei beliebige auf einander senkrechte, in der Fokalebene liegende Achsen. Es sei nun die Wellenfläche des Objektstrahlenbündels am Incidenzpunkte durch die Grössen $R\,S\,T$ bezw. $\tau_,\ \tau_{,,}\ \vartheta$, die des Hauptstrahlenbündels durch $R_0\,S_0\,T_0$ bezw. $p_,\ p_{,,}\ \vartheta_0$ bestimmt, und es mögen ferner im Coordinatensystem $q=\alpha=\beta=0$ die Coordinaten des Punktes, in welchem ein beliebiger Hauptstrahl letztgenannte Fläche schneidet, mit $\xi\,\eta$ bezeichnet werden, während $\xi_,\,\eta_,$ bezw. $\xi_{,,}\,\eta_{,,}$ die Coordinaten der Punkte sind, in welchen derselbe Hauptstrahl die erste, bezw. zweite Fokalebene des Objektstrahlenbündels schneidet.

Die Definition der Fokalcoordinaten ergiebt

$$da_, = d\xi_,\cos\vartheta + d\eta_,\sin\vartheta \qquad da_{,,} = d\eta_{,,}\cos\vartheta - d\xi_{,,}\sin\vartheta\,,$$

und man erhält durch die auf die Hauptstrahlenwellenfläche angewendeten oben angegebenen differentiirten Normalengleichungen:

$$\begin{aligned} d\xi_, &= (1-\tau_,R_0)\,d\xi - \tau_,S_0\,d\eta & d\eta_{,,} &= -\tau_,S_0\,d\xi + (1-\tau_,T_0)\,d\eta \\ d\xi_{,,} &= (1-\tau_{,,}R_0)\,d\xi - \tau_{,,}S_0\,d\eta & d\eta_{,,} &= -\tau_{,,}S_0\,d\xi + (1-\tau_{,,}T_0)\,d\eta\,. \end{aligned}$$

Werden in diese Gleichungen der Reihe nach folgende Werte eingesetzt:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\tau_,} &= R + S\,\mathrm{tg}\,\vartheta & \frac{1}{\tau_,} &= T + S\cot\vartheta \\ \frac{1}{\tau_{,,}} &= R - S\cot\vartheta & \frac{1}{\tau_{,,}} &= T - S\,\mathrm{tg}\,\vartheta\,, \end{aligned}$$

so erhält man

$$\begin{aligned} \frac{da_,}{\tau_,} &= [(R-R_0)\cos\vartheta + (S-S_0)\sin\vartheta]\,d\xi + [(S-S_0)\cos\vartheta + (T-T_0)\sin\vartheta]\,d\eta \\ \frac{da_{,,}}{\tau_{,,}} &= -[(R-R_0)\sin\vartheta - (S-S_0)\cos\vartheta]\,d\xi - [(S-S_0)\sin\vartheta - (T-T_0)\cos\vartheta]\,d\eta \end{aligned}$$

und mithin

$$\begin{aligned} d\varphi_, &= (R-R_0)\,d\xi + (S-S_0)\,d\eta \\ d\varphi_{,,} &= (S-S_0)\,d\xi + (T-T_0)\,d\eta\,, \end{aligned}$$

wo zur Abkürzung

$$d\varphi_, = \frac{da_,\cos\vartheta}{\tau_,} - \frac{da_{,,}\sin\vartheta}{\tau_{,,}} \qquad d\varphi_{,,} = \frac{da_,\sin\vartheta}{\tau_,} + \frac{da_{,,}\cos\vartheta}{\tau_{,,}}$$

gesetzt worden ist. Die optischen Invarianten zweiter Ordnung geben, auf beide Strahlenbündel angewendet, durch Subtraktion:

$$\Delta\mu\cos^2 i\,(R-R_0) = 0 \qquad \Delta\mu\cos i\,(S-S_0) = 0 \qquad \Delta\mu\,(T-T_0) = 0\,,$$

wonach auch, da $\Delta\dfrac{d\xi}{\cos i} = 0$ und $\Delta d\eta = 0$ ist, die Gleichungen

$$\Delta\mu\cos i\,[(R-R_0)\,d\xi + (S-S_0)\,d\eta] = 0 \qquad \Delta\mu\,[(S-S_0)\,d\xi + (T-T_0)\,d\eta] = 0$$

bestehen und schliesslich die Differentialinvarianten

$$\Delta\mu\cos i\, d\varphi_{,} = 0 \qquad \Delta\mu\, d\varphi_{,,} = 0$$

erhalten werden, welche für den Punkt $\xi = \eta = 0$ die vier Differentialquotienten erster Ordnung $\frac{\partial a_{,}'}{\partial a_{,}} \frac{\partial a_{,}'}{\partial a_{,,}} \cdots$ der Funktion ergeben, durch welche die Fokalcoordinaten des gebrochenen Strahles von denen des einfallenden abhängig sind. Da die Gleichungen keine der das Hauptstrahlenbündel bestimmenden Grössen enthalten, so gelten dieselben für jeden beliebigen der in vierfach unendlicher Zahl denkbaren, dem centralen Strahl am nächsten verlaufenden Strahlen, und man kann ihren Inhalt auch so ausdrücken, dass, wenn die Strahlen einer beliebigen den centralen Strahl enthaltenden Strahlenfläche auf die Hauptschnitte des einfallenden und des gebrochenen Strahlenbündels projicirt werden, in den Fokalpunkten des gebrochenen Strahlenbündels die Linienelemente der orthogonalen Trajectorien der auf den gleichnamigen Hauptschnitt projicirten Linien aus den entsprechenden Linienelementen im einfallenden Strahlenbündel durch die Formeln gegeben sind.

In der Deduktion kamen die Differentialquotienten der Wellenflächengleichungen im Incidenzpunkte zur Anwendung, wonach die Giltigkeit der Formeln bis auf weiteres auf die Fälle beschränkt ist, wo weder im Objekt- noch im Hauptstrahlenbündel ein Fokalpunkt auf die brechende Fläche fällt. Um nun diese Sonderfälle zu untersuchen, sei zunächst $p_{,} = 0$ angenommen. Die fokalen Öffnungswinkel im Hauptstrahlenbündel werden wie früher mit $v_{,}\, v_{,,}$ bezeichnet und zur Abkürzung $\vartheta_0 - \vartheta = \omega$ gesetzt. In der ersten Fokalebene des Objektstrahlenbündels hat die Hauptstrahlenwellenfläche die Fokalabstände $-\tau_{,}$ bezw. $p_{,,} - \tau_{,}$, wonach die Beziehungen

$$d\xi_{,} = -\tau_{,} dv_{,} \cos\vartheta_0 - (p_{,,} - \tau_{,}) dv_{,,} \sin\vartheta_0 \qquad d\eta_{,} = -\tau_{,} dv_{,} \sin\vartheta_0 + (p_{,,} - \tau_{,}) dv_{,,} \cos\vartheta_0$$

und die analogen für die zweite Fokalebene die Werte

$$\frac{da_{,}}{\tau_{,}} = -dv_{,} \cos\omega - \frac{p_{,,} - \tau_{,}}{\tau_{,}} dv_{,,} \sin\omega \qquad \frac{da_{,,}}{\tau_{,,}} = -dv_{,} \sin\omega + \frac{p_{,,} - \tau_{,,}}{\tau_{,,}} dv_{,,} \cos\omega$$

und folglich

$$d\varphi_{,} = -dv_{,} \cos\vartheta_0 + \left\{ \sin\vartheta_0 - p_{,,} \left(\frac{\sin\omega\cos\vartheta}{\tau_{,}} + \frac{\sin\vartheta\cos\omega}{\tau_{,,}} \right) \right\} dv_{,,}$$

$$d\varphi_{,,} = -dv_{,} \sin\vartheta_0 - \left\{ \cos\vartheta_0 + p_{,,} \left(\frac{\sin\omega\sin\vartheta}{\tau_{,}} - \frac{\cos\omega\cos\vartheta}{\tau_{,,}} \right) \right\} dv_{,,}$$

ergeben. Unter Berücksichtigung der Gleichung

$$\Delta \frac{\operatorname{tg}\vartheta_0}{\cos i} = 0$$

erhält man aus den optischen Invarianten zweiter Ordnung die fünf Gleichungen:

$$\Delta\mu(R\cos^2 i - \mathrm{r}\cos i) = 0 \qquad \Delta\mu\cos^2 i \cot\vartheta_0 (S - s) = 0 \qquad \Delta\mu\cos^2 i \cot^2\vartheta_0 (T - t\cos i) = 0$$

$$\Delta\mu \operatorname{tg}^2\vartheta_0 \left(R - \frac{r}{\cos i} \right) = 0 \qquad \Delta\mu(T - t\cos i) = 0\,.$$

Die drei ersteren ergeben:

$$\Delta\mu\,[R\cos^2 i - 2S\cos^2 i\cot\vartheta_0 + T\cos^2 i\cot^2\vartheta_0 - \cos i\,(r - 2s\cos i\cot\vartheta_0 + t\cos^2 i\cot^2\vartheta_0)] = 0$$

und durch Subtraktion dieser Gleichung von der für diesen Fall ermittelten Invariantengleichung

$$\Delta\mu\left[\frac{\cos^2 i}{p_{,,}\sin^2\vartheta_0} - \cos i\,(r - 2s\cos i\cot\vartheta_0 + t\cos^2 i\cot^2\vartheta_0)\right] = 0$$

und nachherige Multiplication mit der optischen Differentialinvariante $\frac{\sin\vartheta_0\,\mathrm{tg}\,\vartheta_0\,p_{,,}\,dv_{,,}}{\cos^2 i}$ unter Anwendung der durch Einsetzen von $\tau_{,}\,\tau_{,,}$ erhaltenen Beziehung,

$$R\sin^2\vartheta_0 - 2S\sin\vartheta_0\cos\vartheta_0 + T\cos^2\vartheta_0 = \frac{\sin^2\omega}{\tau_{,}} + \frac{\cos^2\omega}{\tau_{,,}}$$

die Differentialinvariante

$$\Delta\frac{\mu}{\cos\vartheta_0}\left(1 - p_{,,}\left(\frac{\sin^2\omega}{\tau_{,}} + \frac{\cos^2\omega}{\tau_{,,}}\right)\right)dv_{,,} = 0\,, \qquad \text{A}$$

während die beiden letzteren nach Multiplication mit der optischen Differentialinvariante $\cos\vartheta_0\,p_{,,}\,dv_{,,}$ zu folgender Gleichung führen:

$$\Delta\mu\left[(R\,\mathrm{tg}^2\vartheta_0 - T)\cos\vartheta_0 - \sin\vartheta_0\left(r\frac{\mathrm{tg}\,\vartheta_0}{\cos i} - t\frac{\cos i}{\mathrm{tg}\,\vartheta_0}\right)\right]p_{,,}\,dv_{,,} = 0\,.$$

Wird diese Gleichung zu der für diesen Fall ermittelten Differentialinvariantengleichung der fokalen Öffnungswinkel

$$\Delta\mu\left[2\sin\vartheta_0 dv_{,} + \left\{\frac{\cos^2\vartheta_0 - \sin^2\vartheta_0}{\cos\vartheta_0} + p_{,,}\sin\vartheta_0\left(r\frac{\mathrm{tg}\,\vartheta_0}{\cos i} - t\frac{\cos i}{\mathrm{tg}\,\vartheta_0}\right)\right\}dv_{,,}\right] = 0$$

addirt, so erhält man unter Anwendung der Identität

$$R\,\mathrm{tg}^2\vartheta_0 - T = \frac{1}{\cos^2\vartheta_0}\left(\frac{\sin\omega\sin(\vartheta_0+\vartheta)}{\tau_{,}} - \frac{\cos\omega\cos(\vartheta_0+\vartheta)}{\tau_{,,}}\right)$$

die Gleichung

$$\Delta\mu\left[2\sin\vartheta_0 dv_{,} + \frac{1}{\cos\vartheta_0}\left\{\cos^2\vartheta_0 - \sin^2\vartheta_0 + p_{,,}\left(\frac{\sin\omega\sin(\vartheta_0+\vartheta)}{\tau_{,}} - \frac{\cos\omega\cos(\vartheta_0+\vartheta)}{\tau_{,,}}\right)\right\}dv_{,,}\right] = 0\,, \qquad \text{B}$$

und werden dann die Gleichungen A und B einmal nach Wechsel der Vorzeichen summirt, einmal mit der optischen Invariante $\frac{\cos i}{\mathrm{tg}\,\vartheta_0}$ multiplicirt, und dann letztere von der ersteren subtrahirt, so erhält man nach Division mit 2:

$$\Delta\mu\,d\tau_{,,} = 0 \quad \text{bezw.} \quad \Delta\mu\cos i\,d\tau_{,} = 0\,.$$

Für den Fall, wo das Hauptstrahlenbündel anastigmatisch ist, und der Fokalpunkt auf der brechenden Fläche liegt, wählt man $\vartheta_0 = 0$, wobei

$$\frac{d\xi_{,}}{\tau_{,}} = \frac{d\xi_{,,}}{\tau_{,,}} = -dv_{,} = d\varphi_{,} \qquad \frac{d\eta_{,}}{\tau_{,}} = \frac{d\eta_{,,}}{\tau_{,,}} = -dv_{,,} = d\varphi_{,,}$$

ist, und die Gleichungen der fokalen Öffnungswinkel die Form

$$\Delta\mu \cos i dv_{,} = 0 \qquad \Delta\mu dv_{,,} = 0$$

annehmen. Die Beziehungen $\Delta\mu \cos i d\varphi_{,} = 0$ $\Delta\mu d\varphi_{,,} = 0$ gelten also bei ausgewähltem centralen Strahle unabhängig von der Lage der Blende.

Sämmtliche Beweise gelten unverändert, wenn das Objektstrahlenbündel vor oder nach der Brechung anastigmatisch ist, wobei im betreffenden Medium ϑ frei gewählt werden kann.

Für den Fall, wo ein Fokalpunkt des Objektstrahlenbündels auf der brechenden Fläche liegt, müssen aber andere Beziehungen ermittelt werden. Im Falle $\tau_{,} = 0$ erhält man zunächst:

$$da_{,} = d\xi_{,} \cos\vartheta + d\eta_{,} \sin\vartheta \qquad \Delta\frac{d\xi_{,}}{\cos i} = 0 \qquad \Delta d\eta_{,} = 0 \qquad \Delta\frac{\operatorname{tg}\vartheta}{\cos i} = 0$$

und daraus:

$$\Delta(d\xi_{,} \cot\vartheta + d\eta_{,}) = \Delta\frac{da_{,}}{\sin\vartheta} = 0\,,$$

sowie ferner unter Anwendung der oben angegebenen differentiirten Normalengleichungen:

$$\frac{da_{,,}}{\tau_{,,}} = -\left\{\left(\frac{1}{\tau_{,,}} - R_0\right)\sin\vartheta + S_0\cos\vartheta\right\}d\xi_{,} + \left\{\left(\frac{1}{\tau_{,,}} - T_0\right)\cos\vartheta + S_0\sin\vartheta\right\}d\eta_{,}$$

welcher Ausdruck, wenn die $\tau_{,,}$ enthaltenden Glieder ins linke Membrum gesetzt werden und daselbst $d\eta_{,}$ durch $da_{,}$ und $d\xi_{,}$ ersetzt wird, nach Division mit $\sin\vartheta$ die Gleichung

$$\frac{da_{,,}}{\tau_{,,}\sin\vartheta} + \frac{d\xi_{,} - da_{,}\cos\vartheta}{\tau_{,,}\sin^2\vartheta} = (R_0 - S_0\cot\vartheta)d\xi_{,} + (S_0 - T_0\cot\vartheta)d\eta_{,}$$

liefert. Addirt man jetzt zum rechten Membrum

$$-\left(\frac{r}{\cos i} - s\cot\vartheta\right)d\xi_{,} - (s - t\cos i\cot\vartheta)d\eta_{,}$$

und zum linken Membrum

$$-\left(\frac{r}{\cos i} - 2s\cot\vartheta + t\cos i\cot^2\vartheta\right)d\xi_{,} - (s - t\cos i\cot\vartheta)\frac{da_{,}}{\sin\vartheta}\,,$$

wo wieder $d\eta_{,}$ durch $da_{,}$ und $d\xi_{,}$ ersetzt worden ist, und multiplicirt man dann mit $\mu\cos i$, so erhält man im rechten Membrum:

$$\mu\cos i\left(R_0 - \frac{r}{\cos i}\right)d\xi_{,} - \mu\cos i\cot\vartheta(S_0 - s)d\xi_{,} + \mu\cos i(S_0 - s)d\eta_{,} - \mu\cos i\cot\vartheta(T_0 - t\cos i)d\eta_{,}$$

wo jedes Glied eine der auf dem Hauptstrahlenbündel angewendeten optischen In-

varianten zweiter Ordnung darstellt, indem diese der Reihe nach mit den optischen Differentialinvarianten

$$\frac{d\xi_{,}}{\cos i} \quad d\xi_{,}\cot\vartheta \quad d\eta_{,} \quad d\eta_{,}\cos i\cot\vartheta$$

multiplicirt worden sind. Es ist daher auch das linke Membrum eine optische Invariante:

$$\Delta\mu\cos i\left[\frac{da_{,,}}{\tau_{,,}\sin\vartheta}-\frac{da_{,}}{\sin^2\vartheta}\left\{\frac{\cos\vartheta}{\tau_{,,}}+\sin\vartheta\,(s-t\cos i\cot\vartheta)\right\}+\right.$$
$$\left.+\left(\frac{1}{\tau_{,,}\sin^2\vartheta}-\frac{r}{\cos i}+2s\cot\vartheta-t\cos i\cot^2\vartheta\right)d\xi_{,}\right]=0.$$

Die für diesen Fall geltende optische Invariante zweiter Ordnung wird mit der optischen Invariante $\frac{d\xi_{,}}{\cos i}$ multiplicirt:

$$\Delta\mu\cos i\left(\frac{1}{\tau_{,,}\sin^2\vartheta}-\frac{r}{\cos i}+2s\cot\vartheta-t\cos i\cot^2\vartheta\right)d\xi_{,}=0$$

und von letzterer Gleichung substrahirt, wonach der Rest mit der optischen Invariante $\frac{\operatorname{tg}\vartheta}{\cos i}$ multiplicirt wird, und also die beiden Differentialinvarianten

$$\Delta\frac{da_{,}}{\sin\vartheta}=0 \qquad \Delta\mu\left[\frac{da_{,,}}{\tau_{,,}\cos\vartheta}-da_{,}\left(\frac{1}{\tau_{,,}\sin\vartheta}+\frac{s}{\cos\vartheta}-\frac{t\cos i}{\sin\vartheta}\right)\right]=0$$

im falle $\tau_{,}=0$ die Fokalcoordinaten im gebrochenen Strahlenbündel bestimmen. Ist hier $\tau_{,,}=\infty$, so hat man $\frac{da_{,}}{\tau_{,,}}=0$ zu setzen, während $\frac{da_{,,}}{\tau_{,,}}$ das Differential eines Winkels darstellt wie auch im allgemeinen Falle der entsprechende Wert, wenn einer der Fokalabstände unendlich gross ist. Bei $\vartheta=0$ oder $\vartheta=\frac{\pi}{2}$ erhält man die geeignete Form der Gleichungen nach Multiplication oder Division mit $\frac{\operatorname{tg}\vartheta}{\cos i}$.

Für den Fall $\tau_{,}=\tau_{,,}=0$ hat man für beliebige Werte von ϑ

$$d\xi_{,}=d\xi_{,,}=da_{,}\cos\vartheta-da_{,,}\sin\vartheta \qquad d\eta_{,}=d\eta_{,,}=da_{,}\sin\vartheta+da_{,,}\cos\vartheta,$$

und die Differentialinvarianten $\Delta\frac{d\xi_{,}}{\cos i}=0$ $\Delta d\eta_{,}=0$ ergeben die dabei giltigen Beziehungen.

Hiermit ist also für alle Fälle bewiesen worden, dass die Differentialquotienten erster Ordnung der Fokalcoordinaten eines beliebigen, dem Strahlenbündel nicht angehörigen Strahles nur von den das Strahlenbündel bestimmenden Grössen abhängig, dagegen von der Lage der Blende am centralen Strahl völlig unabhängig sind. So weit man die optische Projection durch Fokalcoordinaten bestimmt, ist also dieselbe betreffs der Differentialquotienten erster Ordnung von der Blendenlage auf dem centralen Strahle unabhängig.

Um nun Beziehungen zwischen einem beliebigen, dem Objektstrahlenbündel nicht angehörigen Strahle und einem beliebigen Strahle desselben zu ermitteln, seien die fokalen Öffnungswinkel im Objektstrahlenbündel mit $w_{,} w_{,,}$ bezeichnet, und mögen xy Coordinaten an seiner durch den Incidenzpunkt gelegten Wellenfläche sein. Es gilt dann für $\tau_{,} \gtrless 0 \;\; \tau_{,,} \gtrless 0$:

$$dx = \tau_{,} dw_{,} \cos\vartheta - \tau_{,,} dw_{,,} \sin\vartheta \qquad dy = \tau_{,} dw_{,} \sin\vartheta + \tau_{,,} dw_{,,} \cos\vartheta$$

$$d\varphi_{,} = \frac{da_{,}}{\tau_{,}} \cos\vartheta - \frac{da_{,,}}{\tau_{,,}} \sin\vartheta \qquad d\varphi_{,,} = \frac{da_{,}}{\tau_{,}} \sin\vartheta + \frac{da_{,,}}{\tau_{,,}} \cos\vartheta ,$$

und es ist mithin

$$d\varphi_{,} dx + d\varphi_{,,} dy = da_{,} dw_{,} + da_{,,} dw_{,,} .$$

Die optischen Invarianten

$$\Delta\mu \cos i \, d\varphi_{,} = 0 \qquad \Delta\mu \, d\varphi_{,,} = 0 \qquad \Delta \frac{dx}{\cos i} = 0 \qquad \Delta dy = 0$$

ergeben also:

$$\Delta\mu (da_{,} dw_{,} + da_{,,} dw_{,,}) = 0 .$$

Im Falle $\tau_{,} = 0 \;\; \tau_{,,} \gtrless 0$ gelten die Gleichungen

$$\Delta \frac{da_{,}}{\sin\vartheta} = 0 \qquad \Delta\mu \left[\frac{da_{,,}}{\tau_{,,} \cos\vartheta} - da_{,} \left(\frac{1}{\tau_{,,} \sin\vartheta} + \frac{s}{\cos\vartheta} - \frac{t \cos i}{\sin\vartheta} \right) \right] = 0$$

$$\Delta\mu \left[2 \sin\vartheta \, dw_{,} + \left\{ \frac{\cos^2\vartheta - \sin^2\vartheta}{\cos\vartheta} + \tau_{,,} \sin\vartheta \left(r \frac{\operatorname{tg}\vartheta}{\cos i} - t \frac{\cos i}{\operatorname{tg}\vartheta} \right) \right\} dw_{,,} \right] = 0 \qquad \Delta \cos\vartheta \, \tau_{,,} dw_{,,} = 0 .$$

Summirt man hier das Produkt der ersten und dritten dieser Gleichungen zu dem doppelten Produkte der zweiten und vierten und dem mit dem Quadrat der optischen Invariante $\frac{\operatorname{tg}\vartheta}{\cos i}$ und mit der zur Ermittelung von $\tau_{,,}$ dienenden optischen Invariante multiplicirten Produkte der ersten und vierten Gleichung, so erhält man nach Division mit 2 wiederum

$$\Delta\mu (da_{,} dw_{,} + da_{,,} dw_{,,}) = 0 .$$

Dasselbe Resultat ergiebt sich für den Fall $\tau_{,} = \tau_{,,} = 0$ aus den für beliebige Werte von ϑ und ϑ' giltigen optischen Differentialinvarianten

$$\Delta\mu \cos i \, (dw_{,} \cos\vartheta - dw_{,,} \sin\vartheta) = 0 \qquad \Delta\mu (dw_{,} \sin\vartheta + dw_{,,} \cos\vartheta) = 0$$

$$\Delta \frac{1}{\cos i} (da_{,} \cos\vartheta - da_{,,} \sin\vartheta) = 0 \qquad \Delta (da_{,} \sin\vartheta + da_{,,} \cos\vartheta) = 0$$

auf ähnliche Weise wie im allgemeinen Falle.

Da in den Fällen, wo einer der Fokalabstände unendlich gross ist, das betreffende Produkt $da \, dw = d\sigma \cdot \frac{da}{\tau}$ unverändert ein Produkt eines Linienelementes mit dem Differentiale eines Winkels darstellt, und da ferner Brechungsindex, Fokalcoordinaten

und fokale Öffnungswinkel beim Übergang von einer brechenden Fläche zur anderen unverändert bleiben, so ist nunmehr der Beweis geliefert worden, dass die Gleichung

$$\Delta\mu(da_{,}dw_{,} + da_{,,}dw_{,,}) = 0,$$

Fundamentalgleichung der reellen optischen Abbildung, in jedem beliebigen optischen System, wo die Medien einfachbrechend sind, und streifende Incidenz des Hauptstrahles an den brechenden Flächen, sowie Spitzen und Kanten an den Incidenzpunkten ausgeschlossen sind, für irgend welche zwei beliebig gewählte Medien unbeschränkte Giltigkeit besitzt.

Dieselbe ist für einen frei gewählten centralen Strahl entwickelt worden, gilt also längs jedem beliebigen Hauptstrahle und enthält nur Grössen, welche von der Lage der Blende auf dem fraglichen Hauptstrahle unabhängig sind. Ihr Inhalt ist die für die Kenntnis der allgemeinen optischen Abbildung hinreichende und notwendige Beziehung der Differentialquotienten erster Ordnung der Funktion, durch welche die fokalen Öffnungswinkel eines beliebigen dem Objektstrahlenbündel angehörigen Strahles im einen Medium von denselben Öffnungswinkeln im anderen Medium abhängig sind, zu den entsprechenden Differentialquotienten der Funktion, durch welche die Fokalcoordinaten eines beliebigen, dem Strahlenbündel nicht angehörigen Strahles in den beiden Medien von einander abhängig sind, für die Limeslage, wo beide Strahlen mit dem Hauptstrahl zusammenfallen.

Um mittels dieser Beziehung die Abbildungsgesetze zu gewinnen, werden zunächst nach angegebener Methode die Ebenen der fokalen Projection im Objektraume und die angulären Projectionscoefficienten für das Objektstrahlenbündel ermittelt. Auf einer beliebigen Wellenfläche des Objektstrahlenbündels mit dem positiven Krümmungsradius τ seien $\sigma_{,}\sigma_{,,}$ die Coordinaten des Schnittpunktes eines dem Strahlenbündel angehörigen Strahles im bezüglichen schiefwinkligen Coordinatensystem, $w_1 w_2$ die auf dasselbe bezogenen fokalen Öffnungswinkel. Die nach angegebenem Principe positiv zu rechnenden Winkel $\vartheta_{,}\vartheta_{,,}$, welche die erste bezw. zweite Ebene der fokalen Projection mit der Refractionsebene bilden, müssen immer verschiedene Werte haben, weil sonst eine Gleichung zwischen den beiden fokalen Öffnungswinkeln im letzten Medium erhalten werden würde, was unmöglich ist, wenn Spitzen und Kanten an den betreffenden Punkten der brechenden Flächen ausgeschlossen sind. Im Coordinatensystem $q = \alpha = \beta = 0$ seien $o_{,}o_{,,}$ die auf die Coordinatenebenen bezogenen fokalen Öffnungswinkel. Die Fokalcoordinaten $a_1 a_2$ definire ich als die Abscisse bezw. Ordinate des Schnittpunktes eines beliebigen, dem Objektstrahlenbündel nicht angehörigen Strahles mit der durch den Objektpunkt senkrecht zum Hauptstrahl gelegten Ebene in den in dieser Ebene gelegenen rechtwinkligen Coordinatensystemen, deren Abscissen- bezw. Ordinatenachse in der ersten bezw. zweiten Ebene der fokalen Projection liegen, wobei mithin, wenn vom fraglichen Schnittpunkte Lotlinien zu den Ebenen der fokalen Projection gezogen werden, die so bestimmten Fokalcoordinaten die Abstände der Fusspunkte dieser Lotlinien vom Haupstrahl darstellen. Der durch $a_1 a_2$ bestimmte Punkt mag im Coordinatensystem $q = \alpha = \beta = 0$ durch die Coordinaten xy definirt sein.

Es seien $\mu\,\mu'$ die Brechungsindices im Objektraume bezw. im letzten Medium, und es mag die Quote $\frac{\mu'}{\mu}$ als *relativer Brechungsindex des Systems* mit N bezeichnet werden. Die Fokalcoordinaten und Öffnungswinkel im letzten Medium werden durch $a'_{,}\, a'_{,,}\, w'_{,}\, w'_{,,}$, die angulären Projectionscoefficienten in der ersten bezw. zweiten Ebene der fokalen Projection durch C_1 bezw. C_2 dargestellt.

Die Fundamentalgleichung hat zunächst die Form

$$\mu'(da'_{,}\, dw'_{,} + da'_{,,}\, dw'_{,,}) = \mu\,(dx\, do_{,} + dy\, do_{,,})\,.$$

Laut der gegebenen Definition ist

$$da_1 = dx\cos\vartheta_{,} + dy\sin\vartheta_{,} \qquad da_2 = dx\cos\vartheta_{,,} + dy\sin\vartheta_{,,}\,,$$

woraus folgt

$$dx = \frac{da_1\sin\vartheta_{,,} - da_2\sin\vartheta_{,}}{\sin(\vartheta_{,,} - \vartheta_{,})} \qquad dy = \frac{da_2\cos\vartheta_{,} - da_1\cos\vartheta_{,,}}{\sin(\vartheta_{,,} - \vartheta_{,})}\,,$$

welche Gleichungen mit den Gleichungen

$$do_{,} = dw_1\cos\vartheta_{,} + dw_2\cos\vartheta_{,,} \qquad do_{,,} = dw_1\sin\vartheta_{,} + dw_2\sin\vartheta_{,,}$$

zu zweien multiplicirt werden. Die resultirende Gleichung

$$dx\, do_{,} + dy\, do_{,,} = da_1\, dw_1 + da_2\, dw_2$$

und die Gleichungen

$$dw'_{,} = C_1\, dw_1 \qquad dw'_{,,} = C_2\, dw_2$$

geben der Fundamentalgleichung die Form

$$(\mu' da'_{,} C_1 - \mu\, da_1)\, dw_1 + (\mu' da'_{,,} C_2 - \mu\, da_2)\, dw_2 = 0\,,$$

wonach dieselbe, da $w_1\, w_2$ unabhängige Variabelen sind, in die zwei Gleichungen

$$NC_1\, da'_{,} = da_1 \qquad NC_2\, da'_{,,} = da_2$$

zerfällt.

Es mag nun A_1 der Abstand des Schnittpunktes des durch die Fokalcoordinaten $a_1\, a_2$ definirten Strahles mit einer beliebigen durch den Objektpunkt gelegten und einen endlichen Winkel mit dem Hauptstrahl bildenden Fläche von einer beliebigen auf dieser verlaufenden Curve sein, deren Tangente in der auf der ersten Ebene der fokalen Projection senkrecht stehenden, den Hauptstrahl enthaltenden Ebene liegt, und $A'_{,}$ die analoge Bedeutung in Bezug auf den ersten Fokalpunkt des im letzten Medium gebrochenen Strahlenbündels haben. In dem rechtwinkeligen Coordinatensystem, dessen Z-Achse mit dem Hauptstrahl zusammenfällt, dessen X-Achse in der ersten Ebene der fokalen Projection liegt und wo der Objektpunkt der Anfangspunkt der Coordinaten ist, seien die Coordinaten des durch $a_1\, a_2$ definirten Schnittpunktes mit $\xi\cdots$ bezeichnet, wobei also $\xi = a_1$ ist. Es seien ferner $\xi_{,}\cdots$ Coordinaten des Schnittpunktes desselben Strahles mit der fraglichen Fläche und $\xi_{,,}\cdots$ Coordinaten eines auf der genannten Curve belegenen Punktes, in welchem die in der Tangential-

ebene der Fläche liegende Normale der Curve den Winkel ω_1 mit der in der ersten Ebene fokaler Projection senkrecht zum Hauptstrahl gezogenen Linie — X-Achse dieses Coordinatensystems — bildet. Die mehrfach angewendeten differentiirten Normalengleichungen ergeben $d\xi_{'} = d\xi$, und durch Projection des Abstandes A_1 des Punktes $\xi_{'} \cdots$ von dem auf derselben Normale der Curve belegenen Punktes $\xi_{''} \cdots$ erhält man nach Differentiation:

$$d\xi_{'} - d\xi_{''} = \cos\omega_1 dA_1 + A_1 d\cos\omega_1 .$$

Für den Hauptstrahl ist sowohl $A_1 = 0$ wie $d\xi_{''} = 0$, woraus sich $da_1 = \cos\omega_1 dA_1$ ergiebt, und nach wiederholter Anwendung derselben Methode mit analoger Bezeichnung die Gleichungen

$$NC_1 \cos\omega'_{'} dA'_{'} = \cos\omega_1 dA_1 \qquad NC_2 \cos\omega'_{''} dA'_{''} = \cos\omega_2 dA_2$$

resultiren.

Es sei nun eine beliebige Objektfläche gegeben, mit welcher die Hauptstrahlen überall endliche Winkel bilden. Für eine beliebige Anzahl von Punkten wird dann der Gang des Hauptstrahles mit den optischen Invarianten erster Ordnung aus den das System bestimmenden Grössen berechnet, wonach längs diesen Hauptstrahlen durch Anwenden der optischen Invarianten zweiter Ordnung die Fokalabstände und die Orientirung der Hauptschnitte im letzten Medium erhalten werden. Wenn Spitzen und Kanten an den fraglichen Punkten der brechenden Flächen ausgeschlossen sind, liegen die so ermittelten Fokalpunkte auf zwei von einander getrennten Flächen — der *ersten* und *zweiten Bildfläche* — welche nur in den Schnittpunkten mit denjenigen Hauptstrahlen einander berühren, längs welchen das gebrochene Strahlenbündel anastigmatisch ist. Durch Anwenden der Differentialinvarianten erster Ordnung ermittelt man dann die Orientirung der Ebenen fokaler Projection im Objektraume und die angulären Projectionscoefficienten.

Geht man nun auf der Objektfläche von einem ausgewählten Punkt zu einem naheliegenden über, indem eine Linie befolgt wird, welche die auf der ersten Ebene fokaler Projection senkrecht stehende, den Hauptstrahl enthaltende Ebene berührt, so ist für den diesem Punkte entsprechenden Hauptstrahl $dA_1 = 0$, mithin auch $dA'_{'} = 0$, wonach bei diesem Übergange der Schnittpunkt des Hauptstrahles mit der ersten Bildfläche längs einer Linie verschoben worden ist, welche den zweiten Hauptschnitt des gebrochenen Strahlenbündels berührt. Auf diese Weise geht man von Punkt zu Punkt auf der Objektfläche fort unter stetiger Erfüllung der für jeden einzelnen Punkt giltigen Bedingung $dA_1 = 0$. Die so erhaltene Linie auf der Objektfläche ist mithin eine Linie $dA_1 = 0$ und die Ebene, welche in einem beliebigen Punkte derselben durch ihre Tangente und den bezüglichen Hauptstrahl gelegt wird, steht überall senkrecht auf der betreffenden ersten Ebene der fokalen Projection. Die den verschiedenen Punkten dieser Linie entsprechenden Hauptstrahlen bilden zusammen eine Fläche, welche im letzten Medium die erste Bildfläche längs einer Linie $dA'_{'} = 0$ schneidet, die dadurch charakterisirt ist, dass in jedem Punkte ihre Tangente in dem zweiten Hauptschnitte des gebrochenen Strahlenbündels längs dem bezüglichen Hauptstrahl liegt. Die eine Linie ist also die optische Projection der anderen.

Da A'_1 allgemein eine Funktion nicht nur von a_1 und a_2, sondern auch von den Öffnungswinkeln des bezüglichen Strahles ist, so besagt die Gleichung $dA'_1 = 0$, welche beim Übergang auf einen beliebigen, von einem naheliegenden Punkte der Linie $dA_1 = 0$ ausgegangenen Strahl gilt, dass in derjenigen Funktion, welche den Abstand eines beliebigen von einem beliebigen Punkte der Linie $dA_1 = 0$ an der Objektfläche ausgegangenen Strahles von der Linie $dA'_1 = 0$ auf der ersten Bildfläche als von den Öffnungswinkeln abhängig darstellt, die Differentialquotienten erster Ordnung gleich Null sind, wonach die beiden Linien laut der gegebenen Definition unter vollständiger Strahlenvereinigung erster Ordnung in einander abgebildet werden. Auf dieselbe Weise wird bewiesen, dass die Linie $dA_2 = 0$ auf der Objektfläche und die Linie $dA'_2 = 0$ auf der zweiten Bildfläche in einander ähnlich abgebildet werden.

Dass nur diese zwei durch einen und denselben Punkt gehenden Linien abgebildet werden können, geht daraus hervor, dass im gebrochenen Strahlenbündel eine Strahlenvereinigung nur auf den kaustischen Flächen vorkommt, mithin keine anderen Bildlinien existiren als diejenigen, deren Tangenten überall Schnittlinien der betreffenden Bildflächen mit den Tangentialebenen der kaustischen Flächen sind.

Es verlaufen also auf der Objektfläche *zwei Systeme abbildbarer Linien*, welche sich in jedem Punkt unter endlichem Winkel schneiden, und welche nur in denjenigen Objektpunkten singuläre Punkte haben, in welchen das Strahlenbündel nach der Brechung im System anastigmatisch wird.

Da eine punktweise zustande kommende Abbildung unter vollständiger Strahlenvereinigung erster Ordnung mithin im noch so kleinen endlichen Raume nicht vorkommt, so kann die *Vergrösserung* nicht durch das Verhältnis der Linienelemente von abbildbaren Linien und Bildlinien, sondern nur durch das *Verhältnis der Linienelemente ihrer orthogonalen Trajectorien* ausgedrückt werden. Die actuelle Vergrösserung wird also für die beiden Abbildungen durch die Quotienten $\frac{dA'_1}{dA_1}$ $\frac{dA'_2}{dA_2}$ dargestellt, ist mithin von der Neigung der Objekt- und Bildfläche gegen den Hauptstrahl abhängig. Da nun die Neigung der Bildflächen erst durch die optischen Invarianten dritter Ordnung ermittelt werden kann, und da es sich empfiehlt, als *Vergrösserungscoefficienten* Differentialquotienten erster Ordnung zu wählen, welche nur von der Lage des Objektpunktes und den das System bestimmenden Grössen abhängig sind, so definire ich die Vergrösserungscoefficienten für die beiden Abbildungen durch die Gleichungen

$$\frac{da'_1}{da_1} = K_1 \qquad \frac{da'_2}{da_2} = K_2,$$

wonach die beiden Gleichungen, in welche die Fundamentalgleichung zerfällt, die Form

$$NC_1K_1 = NC_2K_2 = 1$$

annehmen. Der Vergrösserungscoefficient ist mithin im allgemeinen Falle *der Differentialquotient erster Ordnung der Funktion, durch welche der Abstand des Fokalpunktes von der einer Bildlinie entsprechenden Hauptstrahlenfläche als von dem Abstande des Objektpunktes von derselben Fläche abhängig dargestellt wird.* In Punkten, wo

Objekt- und Bildflächen senkrecht auf den Refractionsebenen stehen, stellt derselbe das Verhältnis der Linienelemente der auf die durch Bild- und Objektpunkt senkrecht zum Hauptstrahl gelegten Ebenen projicirten orthogonalen Trajectorien von Bildlinien und abbildbaren Linien dar, und in Punkten, wo die beiden Flächen senkrecht auf dem Hauptstrahl stehen, repräsentirt er das Verhältnis der Linienelemente dieser Trajectorien. Die beiden letztangeführten Gleichungen besagen, dass für beide Abbildungen das Produkt von relativem Brechungsindex des Systems, angulärem Projectionscoefficienten in dem vom Objektpunkte ausgegangenen Strahlenbündel und Vergrösserungscoefficienten stets gleich der Einheit ist.

Bei der Ermittelung dieser Gesetze wurde angenommen, dass sowohl die Objektfläche wie die Bildflächen im endlichen Abstand liegen. Wenn das nicht der Fall ist, so bleiben die Deduktionen dennoch unverändert dieselben, indem man nur $d\sigma\frac{da}{\tau}$ anstatt $dwda$ einzuführen hat und einige Definitionen entsprechend umgeformt werden müssen. Zunächst passt die eingangs (und zwar vor der Einführung der Strahlenflächen) gegebene Definition der Abbildung unter vollständiger Strahlenvereinigung erster Ordnung nicht für Fälle, wo die Bildfläche unendlich weit entfernt ist. Die für die abbildbaren Linien und Bildlinien gemeinschaftliche Bedingung $dA = 0$ führt aber unmittelbar zu folgender allgemeiner Form. *Eine Linie wird unter vollständiger Strahlenvereinigung erster Ordnung in eine andere abgebildet, wenn in dem von einem beliebigen Punkte ersterer Linie ausgegangenen Strahlenbündel jede beliebige, den Hauptstrahl enthaltende Strahlenfläche nach der Brechung im System letztere Linie berührt.*

Ist die Objektfläche unendlich weit entfernt, während die Bildfläche im endlichen Abstand liegt, oder umgekehrt, so treten anstatt der Zahlen, welche im allgemeinen Falle die angulären Projectionscoefficienten und Vergrösserungscoefficienten darstellen, Grössen auf, welche im physikalischen Sinne eine Dimension haben. In der Definition des Vergrösserungscoefficienten hat man dann nur die Winkeldistanz an Stelle des Abstandes einzuführen. So stellt z. B. für eine unendlich weit entfernte Objektfläche bei endlichem Abstande der Bildfläche der Vergrösserungscoefficient den Differentialquotienten erster Ordnung der Funktion dar, durch welche der Abstand des Fokalpunktes von der einer Bildlinie entsprechenden Hauptstrahlenfläche als von dem Winkelabstande des Objektpunktes von derselben Fläche abhängig dargestellt wird.

Aus dem Obenstehenden geht hervor, dass im allgemeinen Fall Abbildungen nicht zusammensetzbar sind. Wenn ein optisches System und eine Objektfläche gegeben sind, so sind die abbildbaren Linien auf dieser ganz andere für eine Abbildung im $n$ten Medium als im $n+1$ten oder einem anderen beliebigen. Und ebenso ist die Orientirung der abbildbaren Linien vom Abstande des Objektpunktes vom System abhängig. Handelt es sich um eine einzige brechende Fläche, so ist die Forderung, dass die Orientirung der abbildbaren Linien vom Abstande des Objektpunktes unabhängig sei, gleichbedeutend mit der Bedingung, dass die brechende Fläche in der Refractionsebene eine Symmetrieebene besitze, wobei die Schnittlinie dieser Ebene

mit der Objektfläche eine abbildbare Linie darstellt, welche von den abbildbaren Linien des zweiten Systems rechtwinklig geschnitten wird, und die Bildlinien entsprechend orientirt sind. Durch Hinzufügen von neuen Flächen, welche in derselben Ebene eine Symmetrieebene besitzen, können solche Abbildungen beliebig zusammengesetzt werden. Es bleibt aber nur die genannte Schnittlinie der Objektebene unverändert eine abbildbare Linie, indem schon die Orientirung der ihr am nächsten verlaufenden abbildbaren Linien desselben Systems, d. h. die Krümmung der orthogonalen Trajectorien dieses Systems, mit jeder neu hinzugefügten brechenden Fläche geändert wird. Und die abbildbaren Linien des zweiten Systems schneiden zwar unverändert die Schnittlinie der Objektfläche mit der Symmetrieebene unter rechten Winkeln, aber ihre Krümmung ändert sich bei der Zusammensetzung der Abbildungen. Wenn optische Systeme mit nur einer Symmetrieebene als *einfach asymmetrische Systeme* bezeichnet werden, so ergiebt sich mithin, dass in einfach asymmetrischen Systemen und für Objektpunkte, welche in der Symmetrieebene belegen sind, die Orientirung der Tangenten der abbildbaren Linien von dem Abstande des Objektpunktes unabhängig ist, und die Abbildungen beliebig zusammengesetzt werden können.

Für einen einzigen Punkt ist das Gleiche, wie ersichtlich, in optischen Systemen erreichbar, in welchen für den entsprechenden Hauptstrahl jede folgende Refractionsebene entweder mit der vorhergehenden zusammenfällt oder auf derselben senkrecht steht, und jede brechende Fläche in der Refractionsebene einen Hauptschnitt hat. Der Objektpunkt kann dann längs dem Hauptstrahle beliebig verschoben werden, ohne dass die Tangenten der durch denselben gehenden abbildbaren Linien anders orientirt werden, und die Abbildungen können beliebig zusammengesetzt werden.

In optischen Systemen mit zwei Symmetrieebenen — *symmetrischen Systemen* — gilt von den beiden Schnittlinien der Objektfläche mit den Symmetrieebenen dasselbe wie in einfach asymmetrischen Systemen für die dort vorhandene Schnittlinie, und erst in Systemen, welche aus Umdrehungsflächen zusammengesetzt sind, und deren Blendencentrum auf der, allen Flächen gemeinsamen, Umdrehungsachse liegt, ist die Abbildung für jeden Punkt der Objektfläche zusammensetzbar und die Orientirung der abbildbaren Linien von dem Abstande des Objektpunktes unabhängig, indem jeder Objektpunkt in einer Symmetrieebene des Systems liegt.

Die beiden Gleichungen, in welche die Fundamentalgleichung zerfällt, erhielten oben mit Rücksicht auf die Abbildung die Form $NCK = 1$, und eine dieser Form entsprechende Formulirung wurde dem durch dieselben ausgesprochenen Gesetze gegeben. Es soll nun ohne Anspruch auf Vollständigkeit eine kurzgefasste Darstellung der in der genannten Gleichung enthaltenen Beziehungen gegeben werden, welche die in zusammengehörigen Ebenen der fokalen Projection verlaufenden fokalen Strahlenflächen — *konjugirte fokale Strahlenflächen* — zu anderen beliebigen, dasselbe optische System durchdringenden und denselben Hauptstrahl enthaltenden Strahlenflächen haben. Hat man für einen beliebigen Punkt in einem optischen System die Ebenen fokaler Projection in Bezug auf ein anderes beliebiges Medium ermittelt, und zieht man demnächst nur die eine dieser Ebenen in Betracht, so ist der Punkt, von dem man ausgegangen ist, der Fokus der in dieser Ebene liegenden, oder dieselbe be-

rührenden, fokalen Strahlenfläche, und im anderen Medium kennt man auch den Fokus der konjugirten fokalen Strahlenfläche. Diese konjugirten fokalen Strahlenflächen mit ihren Fokalpunkten werden nun ohne Zusammenhang mit dem Strahlenbündel behandelt, durch dessen Untersuchung sie kenntlich geworden sind. Zu diesem Zwecke giebt man den beiden Gleichungen, in welche die Fundamentalgleichung zerfällt, die Form $\Delta\mu dadw = 0$, wobei ww' die Öffnungswinkel eines beliebigen, in den fokalen Strahlenflächen verlaufenden Strahles, aa' die bezüglichen Fokalcoordinaten eines beliebigen anderen Strahles sind, und die Gleichung für die Limeslage gilt, wo beide Strahlen im Hauptstrahle zusammenfallen. Für eine andere Strahlenfläche mit demselben Hauptstrahle sei nun $da = 0$, mithin auch $da' = 0$. Es folgt daraus, dass Strahlenflächen, deren Tangentialebene im einen Fokus senkrecht auf der Tangentialebene der fokalen Strahlenfläche stehen, oder welche in diesem Fokus einen Fokalpunkt haben, auch im anderen Medium entweder einen Fokalpunkt im Fokus der gebrochenen fokalen Strahlenfläche haben oder daselbst die Tangentialebene dieser Fläche senkrecht schneiden. Dies ist nur ein Ausdruck dafür, dass man eine Fläche construiren kann, welche die beiden Strahlenflächen als Normalenflächen hat, und wenn es sich nur darum handelt, die Existenz der allgemeinen optischen Abbildung von Linien unter vollständiger Strahlenvereinigung erster Ordnung zu beweisen, so kann man auch, den umgekehrten Weg befolgend, ohne mathematische Deduktionen direkt aus dem MALUS'schen Satz aus der Bedingung $da = 0$ zum Resultate $da' = 0$ kommen.

Wenn zwei verschiedene windschiefe Strahlenflächen im einen Fokalpunkt die Normalebene der fokalen Strahlenfläche zur gemeinsamen Tangentialebene haben, so ist die Bedingung dafür, dass eine Fläche construirt werden könne, welche sämmtliche Strahlenflächen als Normalenflächen habe, gleichbedeutend mit der Bedingung, dass die drei Strahlenflächen irgendwo — in der anderen Fokallinie des zu construirenden Normalenbündels — die Tangentialebene gemeinsam haben. Wenn dies im einen Medium der Fall ist, so besteht also auch im anderen dieselbe Beziehung. In dem die drei Strahlenflächen enthaltenden Normalenbündel ist, wie bei der Untersuchung der fokalen Projection bewiesen wurde, der zweite fokale Öffnungswinkel im gebrochenen Strahlenbündel nur vom zweiten fokalen Öffnungswinkel im einfallenden abhängig. Es folgt daraus, dass in den Fokalpunkten der konjugirten fokalen Strahlenflächen das Verhältnis der Linienelemente der orthogonalen Trajectorien vor und nach der Brechung für die beiden windschiefen Strahlenflächen dasselbe ist.

Die Beziehungen der konjugirten fokalen Strahlenflächen zu Strahlenflächen, deren Tangentialebene in den Fokalpunkten einen endlichen Winkel mit der Normalebene derselben bilden, erhält man am bequemsten, indem man die Strahlen dieser Flächen auf die Tangentialebenen jener projicirt. Die so projicirten Strahlen haben dann einen Fokalpunkt in dem Punkte, wo die Tangentialebene der Strahlenfläche senkrecht auf der Projectionsebene steht, wenn nicht die Strahlenfläche, deren Strahlen projicirt werden, eine fokale ist, wobei der Fokalpunkt offenbar nach der Projection unverändert bleibt. Die Gleichung $NC\frac{da'}{da} = 1$ ergiebt unmittelbar, dass das Verhältnis

der auf die Ebenen der fokalen Projection projicirten Linienelemente der orthogonalen Trajectorien einer jeden beliebigen Strahlenfläche in den Fokalpunkten der fokalen Strahlenflächen vor und nach der Brechung konstant ist. Ist ω der Öffnungswinkel eines projicirten Strahles, und stellt s die Bogenlänge der orthogonalen Trajectorie des fokalen Strahlenbündels im Fokalpunkte der projicirten Strahlen dar, so ist $dadw = dsd\omega$, und man erhält in der Gleichung $\mu' da' dw' = \mu ds d\omega$ die Beziehung des Produktes des auf der Ebene fokaler Projection im einen Fokalpunkt projicirten Linienelementes der orthogonalen Trajectorie einer beliebigen Strahlenfläche mit dem Differential des Öffnungswinkels eines der fokalen Strahlenfläche angehörigen Strahles zum Produkte des Linienelementes der orthogonalen Trajectorie der fokalen Strahlenfläche in dem im anderen Medium belegenen Fokalpunkte der projicirten Strahlen mit dem Differential des Öffnungswinkels eines solchen Strahles.

Wie ersichtlich, ist die für jedes Paar von konjugirten fokalen Strahlenflächen giltige Gleichung $\Delta \mu dadw = 0$ nur der äusseren Form nach mit der bekannten, gewöhnlich nach HELMHOLTZ oder LAGRANGE benannten Formel übereinstimmend, wie auch zu erwarten war, da die Giltigkeitsbereiche so verschieden sind. Für die Fälle, wo diese Formel giltig ist — und das sind die oben erörterten Fälle, wo die Abbildungen beliebig zusammengesetzt werden können und die Orientirung der abbildbaren Linien von einer Verschiebung des Objektpunktes längs dem Hauptstrahle unabhängig ist — ergiebt sich aber diese Formel als Specialfall jener Gleichung, wenn nämlich dieselbe auf zwei fokale Strahlenflächen angewendet wird, deren Tangentialebenen entweder mit einer Refractionsebene zusammenfallen oder senkrecht auf derselben stehen.

Diese Beziehungen eines Paares von konjugirten fokalen Strahlenflächen zu einer beliebigen Strahlenfläche sind nun doppelt vorhanden, da ein jeder beliebiger Punkt in Bezug auf ein beliebiges Medium der Fokalpunkt von zwei Strahlenflächen ist, welche auch in diesem Medium fokal sind. Während der allgemeine Inhalt der Fundamentalgleichung *eine* Beziehung zwischen einem beliebigen, dem bekannten Strahlenbündel angehörigen Strahle und einem beliebigen anderen ist, so ergiebt dieselbe, wenn das Strahlenbündel im einen Medium anastigmatisch ist, *zwei* solche Beziehungen, oder mit anderen Worten: *Die Fundamentalgleichung enthält allgemein zwei Gleichungen* $\Delta \mu dadw = 0$ *zwischen den auf die Ebenen fokaler Projection bezogenen Öffnungswinkeln eines beliebigen, den Hauptstrahl schneidenden Strahles und den auf dieselben Ebenen bezogenen Fokalcoordinaten eines beliebigen Strahles für die Limeslage, wo beide Strahlen mit dem Hauptstrahl zusammenfallen.*

Wenn nun dieses Entstehen von zwei Beziehungen aus der einzigen durch das ganze System verfolgbaren den Schlüssel des Rätsels der allgemeinen optischen Abbildung darstellt, so ergiebt sich daraus auch eine Vereinfachung für die optische Projection durch die Blende, soweit die zu projicirenden Linien auf der Objektfläche verlaufen oder sonst durch einen Objektpunkt gehen. Mittels der im Objektstrahlenbündel ermittelten angulären Projectionscoefficienten erhält man unmittelbar die ersten Glieder der Fokalcoordinaten im Bildraume, welche von der Blendenlage unabhängig sind. Diese werden unter Anwendung der S. 26 angegebenen Formeln in

Coordinaten auf der Blendpunktwellenfläche übergeführt, wonach die gewöhnlichen differentiirten Normalengleichungen für beliebige Projection im Bildraume zur Verwendung kommen. Man hat also für solche Projectionen nur nötig, die Blendpunktwellenfläche vom Blendenraume — nicht aber vom Objektraume — zum Bildraum zu verfolgen.

Nach dieser allgemeinen Untersuchung mag es angezeigt sein, den Vorgangsmodus an dem Beispiele *einer einzigen brechenden Fläche* zu demonstriren. Es sei τ der Abstand des Objektpunktes von der brechenden Fläche, wobei also für einen reellen Punkt $\tau < 0$ ist. Durch die STURM'schen Formeln werden zunächst die Grössen $\tau_r' \tau_{\prime\prime}' \vartheta'$ ermittelt, wonach die Differentialinvarianten

$$\Delta \frac{1}{\cos i}(\tau, dw, \cos\vartheta - \tau_{\prime\prime} dw_{\prime\prime} \sin\vartheta) = 0 \qquad \Delta(\tau, dw, \sin\vartheta + \tau_{\prime\prime} dw_{\prime\prime} \cos\vartheta) = 0$$

die Gleichungen

$$dw_r' = k_1 do_r + k_2 do_{\prime\prime} = \frac{\tau \cos i' \cos\vartheta'}{\tau_r' \cos i} do_r + \frac{\tau \sin\vartheta'}{\tau_r'} do_{\prime\prime}$$

$$dw_{\prime\prime}' = k_3 do_r + k_4 do_{\prime\prime} = -\frac{\tau \cos i' \sin\vartheta'}{\tau_{\prime\prime}' \cos i} do_r + \frac{\tau \cos\vartheta'}{\tau_{\prime\prime}'} do_{\prime\prime}$$

ergeben. Aus diesen erhält man für die Ebenen der fokalen Projection:

$$\operatorname{tg}\vartheta_r = -\frac{k_3}{k_4} = \frac{\operatorname{tg}\vartheta' \cos i'}{\cos i} \qquad \operatorname{tg}\vartheta_{\prime\prime} = -\frac{k_1}{k_2} = -\frac{\cot\vartheta' \cos i'}{\cos i}$$

und aus den Gleichungen

$$N(k_1 \cos\vartheta_r + k_2 \sin\vartheta_r) K_1 = 1 \qquad N(k_3 \cos\vartheta_{\prime\prime} + k_4 \sin\vartheta_{\prime\prime}) K_2 = 1$$

unter Berücksichtigung der Identitäten

$$\cos i' \cos\vartheta' \cos\vartheta_r + \cos i \sin\vartheta' \sin\vartheta_r = \frac{\cos i' \cos\vartheta_r}{\cos\vartheta'}$$

$$\cos i' \sin\vartheta' \cos\vartheta_{\prime\prime} - \cos i \cos\vartheta' \sin\vartheta_{\prime\prime} = \frac{\cos i' \cos\vartheta_{\prime\prime}}{\sin\vartheta'}$$

die Vergrösserungscoefficienten

$$K_1 = \frac{\tau_r' \cos i \cos\vartheta'}{N \tau \cos i' \cos\vartheta_r} \qquad K_2 = -\frac{\tau_{\prime\prime}' \cos i \sin\vartheta'}{N \tau \cos i' \cos\vartheta_{\prime\prime}}$$

Werden hier die Winkel θ eingeführt, welche die Tangenten der abbildbaren Linien und der Bildlinien mit der Refractionsebene bilden, so erhalten die Abbildungsgleichungen die gemeinsame Form

$$\Delta \frac{n \cos i \, da}{\tau \sin\theta} = 0 \qquad \Delta \frac{\operatorname{tg}\theta}{\cos i} = 0 .$$

Letztere Gleichung besagt, dass, wenn bei der Brechung in einer beliebigen Fläche die Tangenten der abbildbaren Linien und der Bildlinien in Punkten, welche

auf einem und demselben Hauptstrahl liegen, auf die in dem Schnittpunkte mit dem Hauptstrahl errichtete Tangentialebene der brechenden Fläche projicirt werden, die Projectionen parallel sind — eine Beziehung, welche übrigens unmittelbar daraus hervorgeht, dass die Ebenen der fokalen Projection und die Tangentialebene der brechenden Fläche eine gemeinsame Schnittlinie haben müssen.

Für den Fall, wo θ gleich Null ist, hat man beide Gleichungen miteinander zu multipliciren.

Zum Schlusse fasse ich noch die *Grundgesetze der allgemeinen optischen Abbildung* zusammen.

Dieselben gelten für ein beliebiges optisches System mit homogenen isotropen Medien, wenn streifende Incidenz der Hauptstrahlen sowie Spitzen und Kanten an den Incidenzpunkten in den brechenden Flächen ausgeschlossen sind.

Auf einer beliebigen Objektfläche gehen durch jeden Punkt, in welchem dieselbe unter endlichem Winkel vom Hauptstrahle geschnitten wird, zwei, einen endlichen Winkel mit einander bildende Linien, welche unter vollständiger Strahlenvereinigung erster Ordnung, jedes System auf einer anderen Bildfläche, im Bildraume abgebildet werden.

Die Tangenten der abbildbaren Linien liegen überall in den Normalebenen derjenigen Strahlenflächen, welche im Bildraume die Hauptschnitte des gebrochenen Strahlenbündels berühren. Die Tangenten der Bildlinien liegen in den auf diesen Hauptschnitten senkrecht stehenden Hauptschnitten derselben Strahlenbündel.

Eine andere Abbildung unter vollständiger Strahlenvereinigung erster Ordnung giebt es nicht. Nur die singulären Punkte der Systeme abbildbarer Linien werden in Punkte abgebildet. Diese Systeme haben nur dort singuläre Punkte, wo das Strahlenbündel nach der Brechung im Bildraume längs dem Hauptstrahl anastigmatisch ist, und die beiden Bildflächen einen Berührungspunkt haben.

Die Vergrösserung kann nur durch das Verhältnis der Abstände der Bildlinien und der entsprechenden abbildbaren Linien ausgedrückt werden. In den singulären Punkten kann jedoch das erste Glied der Vergrösserung durch das Verhältnis der Linienelemente einer Bildlinie und einer abbildbaren Linie ausgedrückt werden, und die Vergrösserung einer aus singulären Punkten bestehenden Linie kann durch das Längenverhältnis der Bild- und Objektlinie dargestellt werden.

Das Produkt des relativen Brechungsindex des optischen Systems mit dem bezüglichen angulären Projectionscoefficienten und dem Vergrösserungscoefficienten ist stets gleich der Einheit.

In jedem Punkte sind die Vergrösserungscoefficienten und die Richtungen der Tangenten der abbildbaren Linien von der Lage der Blende auf dem Hauptstrahl unabhängig.

Abbildungen können im allgemeinen Falle nicht zusammengesetzt werden. Wenn ein anderes Medium als Bildraum gewählt wird, so ändern sich dabei die abbildbaren

Linien. Dasselbe ist der Fall, wenn der Abstand des Objektpunktes vom optischen System verändert wird.

Die Abbildungen sind bedingungslos umkehrbar. Bei der Umkehrung des Strahlenganges stellen die früheren Bildlinien das eine System der auf der betreffenden Fläche verlaufenden abbildbaren Linien dar, und die Tangenten der entsprechenden früheren abbildbaren Linien liegen in den bezüglichen Hauptschnitten der gebrochenen Strahlenbündel.

III. Die Gesetze zweiter Ordnung in einfach asymmetrischen Systemen.

Die optischen Invarianten dritter Ordnung sind in den drei Gleichungen $\Delta\mu d^3\varkappa = 0$, $\Delta\mu\delta d^2\varkappa = 0$, $\Delta\mu\delta^2 d\varkappa = 0$ enthalten, von welchen die erste die Gesetze der Strahlenvereinigung im Objektstrahlenbündel, die zweite die Neigung der Bildflächen sowie die Krümmung der Bildlinien und abbildbaren Linien bezw. ihrer orthogonaler Trajectorien ergiebt, während die letzte für das Hauptstrahlenbündel dieselben — bei der optischen Projection anzuwendenden — Beziehungen im Hauptstrahlenbündel enthält, wie für das Objektstrahlenbündel die erste.

Nun würde es wohl auf keine besonderen Schwierigkeiten stossen, wollte man sämmtliche Gesetze auch der zweiten Ordnung für den allgemeinen Fall herleiten, wie ich es mit den Gesetzen der Strahlenvereinigung seinerzeit getan habe.[1] Diese sind aber so complicirt und so unbequem anzuwenden, dass mir das Unternehmen zwecklos erscheint, weshalb ich hier die ganze Untersuchung der Gesetze zweiter Ordnung auf die praktisch wichtigen Fälle beschränke, wo eine Symmetrieebene vorliegt, in welcher auch der untersuchte Objektpunkt belegen ist.

Die Strahlenvereinigung. Im Coordinatensysteme $p = q = \beta = 0$, wo die XZ-Ebene die Symmetrieebene darstellt, können nur diejenigen Differentialquotienten von $\varkappa$ nach $x_0 y_0$ von Null verschieden sein, deren Ordnungszahl der partiellen Ableitung nych y_0 eine gerade ist, wonach die Gesetze zweiter Ordnung der Strahlenvereinigung im Objektstrahlenbündel durch die beiden optischen Invarianten dritter Ordnung $\Delta\mu\frac{\partial^3\varkappa}{\partial x_0^3} = 0$ $\Delta\mu\frac{\partial^3\varkappa}{\partial x_0 \partial y_0^2} = 0$ dargestellt werden. Man erhält somit beide durch zweimalige Differentiation der optischen Invariante erster Ordnung $\Delta\mu(\alpha + p\gamma) = 0$ letztere auch durch Differentiation der Invariante $\Delta\mu(\beta + q\gamma) = 0$. Da die XZ-Ebene eine Symmetrieebene ist, so gilt für einen jeden Punkt auf der Schnittlinie derselben mit der Wellenfläche bezw. der brechenden Fläche

$$\beta = 0 \qquad \frac{\partial\alpha}{\partial y} = \frac{\partial\beta}{\partial x} = 0 \qquad \frac{\partial\alpha}{\partial y_0} = \frac{\partial\beta}{\partial x_0} = 0$$

mithin auch für den untersuchten Incidenzpunkt

$$\frac{\partial^2\alpha}{\partial x\partial y} = \frac{\partial^2\beta}{\partial x^2} = \frac{\partial^2\beta}{\partial y^2} = 0 \qquad \frac{\partial^2\alpha}{\partial x_0\partial y_0} = \frac{\partial^2\beta}{\partial x_0^2} = \frac{\partial^2\beta}{\partial y_0^2} = 0\,.$$

[1] Bidrag till astigmatismens teori. Nord. Med. Arch. Bd 22, 1890 und Beitrag zur Theorie des Astigmatismus. Skand. Arch. f. Physiologie, Bd 2, 1890.

Die schon deducirten allgemeinen, das Strahlenbündel als ein Normalenbündel charakterisirenden Beziehungen

$$(1-\beta^2)\frac{\partial\alpha}{\partial y}-(1-\alpha^2)\frac{\partial\beta}{\partial x}=\alpha\beta\left(\frac{\partial\alpha}{\partial x}-\frac{\partial\beta}{\partial y}\right)$$

$$(p\alpha-\gamma)\frac{\partial\alpha}{\partial y_0}-(q\beta-\gamma)\frac{\partial\beta}{\partial x_0}=q\alpha\frac{\partial\alpha}{\partial x_0}-p\beta\frac{\partial\beta}{\partial y_0}$$

ergeben nach Differentiation:

$$\frac{\partial^2\alpha}{\partial y^2}=\gamma^2\frac{\partial^2\beta}{\partial x\,\partial y}+\alpha\frac{\partial\beta}{\partial y}\left(\frac{\partial\alpha}{\partial x}-\frac{\partial\beta}{\partial y}\right)\qquad\frac{\partial^2\beta}{\partial x_0\,\partial y_0}=\frac{\partial^2\alpha}{\partial y_0^2}+\frac{\alpha t}{\gamma}\frac{\partial\alpha}{\partial x_0},$$

durch welche Gleichungen die Identität der beiden auf den angegebenen Wegen für $\frac{\partial^3\varkappa}{\partial x_0\,\partial y_0^2}$ erhaltenen Werte constatirt wird.

Die beiden Gleichungen $x_0-x=\varkappa\alpha$, $y_0-y=\varkappa\beta$, aus denen schon $dx=\gamma^2dx_0$, $dy=dy_0$ erhalten wurde, ergeben nach zweimaliger Differentiation:

$$-d^2x=\alpha d^2\varkappa+2d\alpha d\varkappa\qquad-d^2y=2d\beta d\varkappa,$$

indem $x_0\,y_0$ unabhängige Variabelen sind, und für die Untersuchung der durch den Incidenzpunkt gehenden Wellenfläche $\varkappa=0$ gesetzt wird. Unter Anwendung der optischen Invarianten erster und zweiter Ordnung

$$d\varkappa=\alpha dx_0\qquad d^2\varkappa=\left(\gamma^2\frac{\partial\alpha}{\partial x}+\gamma r\right)dx_0^2+\left(\frac{\partial\beta}{\partial y}+\gamma t\right)dy_0^2$$

erhält man aus den Gleichungen

$$d^2\alpha=\frac{\partial^2\alpha}{\partial x^2}dx^2+\frac{\partial^2\alpha}{\partial y^2}dy^2+\frac{\partial\alpha}{\partial x}d^2x\qquad d^2\beta=2\frac{\partial^2\beta}{\partial x\,\partial y}dx\,dy+\frac{\partial\beta}{\partial y}d^2y\ .$$

die Beziehungen

$$\frac{\partial^2\alpha}{\partial x_0^2}=\gamma^4\frac{\partial^2\alpha}{\partial x^2}-3\alpha\gamma^2\left(\frac{\partial\alpha}{\partial x}\right)^2-\alpha\gamma r\frac{\partial\alpha}{\partial x}\qquad\frac{\partial^2\alpha}{\partial y_0^2}=\frac{\partial^2\alpha}{\partial y^2}-\alpha\frac{\partial\alpha}{\partial x}\left(\frac{\partial\beta}{\partial y}+\gamma t\right)$$

$$\frac{\partial^2\beta}{\partial x_0\,\partial y_0}=\gamma^2\frac{\partial^2\beta}{\partial x\,\partial y}-\alpha\left(\frac{\partial\beta}{\partial y}\right)^2$$

In der Gleichung der brechenden Fläche sind zwei der Differentialquotienten dritter Ordnung gleich Null, weil die XZ-Ebene eine Symmetrieebene darstellt. Werden die beiden übrigen auf folgende Weise bezeichnet:

$$\frac{\partial^3z_0}{\partial x_0^3}=U\qquad\frac{\partial^3z_0}{\partial x_0\,\partial y_0^2}=W$$

so erhält man aus den durch zweimalige Differentiation der optischen Invarianten erster Ordnung zunächst sich ergebenden Gleichungen

$$\Delta_{\mu}(d^2\alpha+\gamma d^2p+2dpd\gamma)=0\qquad\Delta_{\mu}(d^2\beta+\gamma d^2q+2d\gamma dq)=0$$

unter Anwendung der eben deducirten Werte und nach Einsetzen von

$$d\gamma = -\frac{\alpha}{\gamma} d\alpha \qquad dp = r dx_0 \qquad dq = t dy_0 \qquad d^2p = U dx_0^2 + W dy_0^2 \qquad d^2q = 2W dx_0 dy_0$$

die drei Invariantengleichungen:

$$\Delta\mu \left\{ \gamma^4 \frac{\partial^2 \alpha}{\partial x^2} - 3\alpha \frac{\partial \alpha}{\partial x} \left(\gamma^2 \frac{\partial \alpha}{\partial x} + \gamma r \right) + \gamma U \right\} = 0$$

$$\Delta\mu \left\{ \frac{\partial^2 \alpha}{\partial y^2} - \alpha \frac{\partial \alpha}{\partial x} \left(\frac{\partial \beta}{\partial y} + \gamma t \right) + \gamma W \right\} = 0$$

$$\Delta\mu \left\{ \gamma^2 \frac{\partial^2 \beta}{\partial x \partial y} - \alpha \left(\frac{\partial \beta}{\partial y} \right)^2 - \alpha \gamma t \frac{\partial \alpha}{\partial x} + \gamma W \right\} = 0$$

von welchen die beiden letzteren identisch sind.

Durch diese Gleichungen erhält man die Differentialquotienten dritter Ordnung in der Gleichung der Wellenfläche des gebrochenen Strahlenbündels aus den entsprechenden, das einfallende Strahlenbündel charakterisirenden Grössen, und es erübrigt nur die Differentialquotienten $\frac{\partial^2 \alpha}{\partial x^2} \cdots$ durch Grössen auszudrücken, deren Bedeutung für das Strahlenbündel bekannt ist. Die allgemeingiltigen Beziehungen

$$-\frac{1}{\tau_{,}} = \frac{\partial \alpha}{\partial x} + \lambda \frac{\partial \alpha}{\partial y} \qquad -\frac{1}{\tau_{,,}} = \frac{\partial \beta}{\partial y} - \lambda \frac{\partial \alpha}{\partial y}$$

ergeben für $\lambda = \frac{\partial \alpha}{\partial y} = 0$, wenn das Bogenelement der in der Symmetrieebene liegenden Hauptkrümmungslinie der Wellenfläche mit $ds_{,}$ bezeichnet wird, wobei $dx = \gamma ds_{,}$ ist:

$$-\frac{d}{ds_{,}} \frac{1}{\tau_{,}} = \gamma \frac{\partial^2 \alpha}{\partial x^2} \qquad -\frac{d}{ds_{,}} \frac{1}{\tau_{,,}} = \gamma \frac{\partial^2 \beta}{\partial x \partial y}.$$

Diese Ableitungen der Hauptkrümmungen einer Fläche nach den Bogenlängen der Hauptkrümmungslinien charakterisiren sowohl dieselbe als das Normalenbündel vollständig. Im allgemeinen Falle giebt es vier solche Werte, aber wo eine Symmetrieebene vorhanden ist, sind die zwei anderen gleich Null. Für die vollständige Diskussion der Bedeutung dieser Werte verweise ich teils auf die schon citirte Abhandlung, teils auf eine frühere ausführliche Arbeit[1] und eine kurzgefasste Darstellung derselben unter Anwendung der einfachsten mathematischen Mittel,[2] indem ich mich hier darauf beschränke, die Tatsachen anzuführen.

Allgemein sind in der Flächengleichung $z = f(xy)$ und im Coordinatensysteme $p = q = s = 0$ die Differentialquotienten dritter Ordnung identisch mit den Ableitungen der Hauptkrümmungen nach den Bogenlängen der Krümmungslinien, und die oben eingeführten Werte $U\,W$ haben, wenn $D_{,}\,D_{,,}$ die Hauptkrümmungen, $s_{,}$ die Bogen-

[1] Allgemeine Theorie der monochromatischen Aberrationen und ihre nächsten Ergebnisse für die Ophthalmologie. Nova Acta Reg. Soc. Sc. Ups. Ser. III, 1900. Separat im Buchhandel zugänglich.

[2] Über Astigmatismus, Coma und Aberration. Annalen d. Physik. 4. Folge, Bd 18, 1905.

länge der in der Symmetrieebene liegenden Krümmungslinie ist, die geometrische Bedeutung

$$U = \frac{dD_{'}}{ds_{'}} \qquad W = \frac{dD_{''}}{ds_{'}}.$$

Dieselben werden als *direkte* bezw. *transversale Krümmungssymmetrie* bezeichnet, wobei im allgemeinen Flächenpunkte noch hinzugefügt wird, längs welcher Krümmungslinie die Asymmetrie bezeichnet wird. Die einhüllende Curve der in der Symmetrieebene verlaufenden Normalen — Schnittlinie dieser Ebene mit der ersten Evolutenschale — hat den Krümmungsradius $\frac{U}{D_{'}^3}$. Diese Ebene und die erste Fokalebene sind Hauptnormalschnitte der betreffenden Schale. Die Krümmung der Schnittlinie dieser mit der Fokalebene ist $-\frac{D_{'} W}{(D_{'} - D_{''})^2}$. Beide Werte werden positiv gerechnet, wenn die betreffende Linie die Concavität der Richtung zunehmender x zukehrt. Der Winkel, den die osculirende Ebene der die Symmetrieebene senkrecht schneidenden Krümmungslinie der Fläche mit der Normale bildet, ist $\text{arc tg} - \frac{W}{D_{''}(D_{'} - D_{''})}$ und wird positiv gerechnet, wenn die fragliche Ebene zwischen den positiven Richtungen der Coordinatenachsen die Symmetrieebene schneidet. Die senkrecht auf derselben Ebene stehende Polare der fraglichen Krümmungslinie ist die Tangente der Kantlinie der zweiten Evolutenschale, welche mithin denselben Winkel mit der zweiten Fokalebene bildet. Endlich ist die geodätische Krümmung der fraglichen Krümmungslinie gleich $-\frac{W}{D_{'} - D_{''}}$.

Während nun für die brechende Fläche die zwei geometrischen vom Coordinatensystem unabhängigen Grössen $U\,W$ zur Verwendung kommen, empfiehlt es sich für das einfallende Strahlenbündel zwei Grössen anzuwenden, welche sämmtlichen Wellenflächen gemeinsam sind.

Zunächst seien im einfach asymmetrischen Strahlenbündel die beiden Fokalabstände mit $\tau\varsigma$ bezeichnet, wobei unter τ der Abstand des Schnittpunktes der in der Symmetrieebene verlaufenden Strahlen verstanden wird. Es seien $u\,v$ die Öffnungswinkel eines Strahles, indem u den Winkel darstellt, den die Projection des Strahles auf der Symmetrie- oder *Tangentialebene* mit dem Hauptstrahl bildet, v den entsprechenden durch Projection auf die auf dieser Ebene senkrecht stehende *Sagittalebene* bestimmten Winkel bezeichnet. Die Grössen $R_u S_u$ messen die *direkte* bezw. *transversale Asymmetrie* im Objektstrahlenbündel. Erstere ist der oben angegebene Krümmungsradius der Schnittlinie der Tangentialebene mit der ersten kaustischen oder u-Fläche. Letzteren erhält man, indem man im zweiten Fokalpunkt eine in der Tangentialebene liegende Normale zur Kantlinie der zweiten kaustischen oder v-Fläche zieht, indem der Abstand des Schnittpunktes dieser Normale mit der ersten Fokalebene vom ersten Fokalpunkt denselben darstellt. Es hat hierbei S_u einen positiven Wert, wenn für den bezüglichen Schnittpunkt $x > 0$ ist. Allgemein gilt nun bei einfacher Asymmetrie und $\beta = \frac{\partial \beta}{\partial x} = 0$:

$$R_u = -\frac{d\tau}{du} = \tau^3 \frac{d}{ds,} \frac{1}{\tau} = -\tau^3 \gamma \frac{\partial^2 \alpha}{\partial x^2} \qquad S_u = -\frac{d\varsigma}{du} = \tau \varsigma^2 \frac{d}{ds,} \frac{1}{\varsigma} = -\tau \varsigma^2 \gamma \frac{\partial^2 \beta}{\partial x \partial y}$$

welche Relationen auch im anastigmatischen Strahlenbündel gelten, wo allerdings die übrigen angeführten geometrischen Verhältnisse eine Änderung erfahren. Da es zu weit führen würde, hier auf die verschiedenen Typen der anastigmatischen Strahlenbündel einzugehen, verweise ich diesbezüglich auf die citirten Arbeiten.[1]

Während also die optischen Invarianten zweiter Ordnung mit den hier eingeführten Bezeichnungen und wenn ρ_t ρ_{tt} die Krümmungsradien der brechenden Fläche sind, die Form

$$\Delta \mu \left(\frac{\cos^2 i}{\tau} - \frac{\cos i}{\rho_t} \right) = 0 \qquad \Delta \mu \left(\frac{1}{\varsigma} - \frac{\cos i}{\rho_{tt}} \right) = 0$$

annehmen, so erhält man durch Einsetzen der Asymmetrienwerte für die *optischen Invarianten der Asymmetrienwerte im Objektstrahlenbündel:*

$$\Delta \mu \left\{ \frac{\cos^3 i}{\tau^3} R_u + \frac{3 \sin i}{\tau} \left(\frac{\cos^2 i}{\tau} - \frac{\cos i}{\rho_t} \right) - U \cos i \right\} = 0$$

$$\Delta \mu \left\{ \frac{\cos i}{\tau \varsigma^2} S_u + \frac{\sin i}{\varsigma^2} - \frac{\sin i \cos i}{\tau \rho_{tt}} - W \cos i \right\} = 0 .$$

Für die Fälle, wo ein Fokalpunkt auf die brechende Fläche fällt, sind diese Gleichungen durch andere zu ersetzen. Im Falle $\tau = 0$ schreibt man die betreffende Invariante zweiter Ordnung

$$\frac{\tau}{\mu \cos^2 i} = \frac{\tau'}{\mu' \cos^2 i'} + \frac{\mu' \cos i' - \mu \cos i}{\mu \mu' \cos^2 i \cos^2 i'} \frac{\tau \tau'}{\rho_t}$$

und erhält durch Differentiation $\Delta \frac{d\tau}{\mu \cos^2 i} = 0$. Die bezügliche Differentialinvariante erster Ordnung hat die Form $\Delta \mu \cos i du = 0$, wonach, da $R_u = -\frac{d\tau}{du}$ ist, resultirt:

$$\Delta \frac{R_u}{\mu^2 \cos^3 i} = 0 .$$

Den Wert von S_u erhält man durch Differentiation der Invariantengleichung $\Delta \mu \left(\frac{1}{\varsigma} - \frac{\cos i}{\rho_{tt}} \right) = 0$ nach u, wobei mit der angewendeten Bezeichnung $di = -du$ zu setzen ist. Es ergiebt sich:

$$\Delta \mu \left(\frac{d\varsigma}{\varsigma^2} + \frac{\sin i du}{\rho_{tt}} \right) = 0$$

wonach, da $S_u = -\frac{d\varsigma}{du}$ ist, auf ähnliche Weise wie oben

$$\Delta \left(\frac{S_u}{\varsigma^2 \cos i} - \frac{\operatorname{tg} i}{\rho_{tt}} \right) = 0$$

[1] Vergl. auch Zur Kenntnis der Kreispunkte. Acta Mathematica, Bd 29, 1904.

erhalten wird. Im Falle $\tau = \varsigma = 0$ erhält man die Formel für S_u auf dieselbe Weise wie für R_u indem zunächst $\Delta \frac{d\varsigma}{\mu} = 0$ deducirt wird, wonach

$$\Delta \frac{S_u}{\mu^2 \cos i} = 0$$

resultirt. Im Falle $\tau \gtrless 0$ $\varsigma = 0$ behält die allgemeine Invariante der direkten Asymmetrie ihre Giltigkeit bei, da der Wert von R_u nur von den in der Tangentialebene verlaufenden Strahlen beeinflusst wird, und für diese Strahlen kein singulärer Fall vorliegt. Die allgemeine Differentialinvariante erster Ordnung nimmt die Form $\Delta \frac{\tau du}{\cos i} = 0$ an. Die Gleichung $\Delta \frac{d\varsigma}{\mu} = 0$ kann hier nicht unmittelbar angewendet werden, da ς in derselben den Abstand des zweiten Fokalpunktes von der brechenden Fläche, in der Gleichung $S_u = -\frac{d\varsigma}{du}$ dagegen den Abstand von der Wellenfläche bedeutet, und in diesem Falle das erste Glied des Unterschiedes dieser Abstände nicht, wie in den Fällen $\tau = 0$, gleich Null ist. Lässt man ς letztere Bedeutung beibehalten, so nimmt erstere Gleichung im Coordinatensystem $p = q = \beta = 0$ die Form $\Delta \frac{1}{\mu}(d\varsigma - dx_0 \sin i) = 0$ an, und man erhält durch Division mit der Gleichung $\Delta \frac{\tau du}{\cos i} = 0$ unter Beachtung, dass $dx_0 = \frac{\tau du}{\cos i}$ ist, die Invariante

$$\Delta \left(\frac{\cos i}{\mu \tau} S_u + \frac{\sin i}{\mu} \right) = 0 .$$

Diese sämmtlichen für die möglichen singulären Fälle ermittelten Invarianten können auch aus der allgemeinen Form dieser durch entsprechende Multiplikationen mit den Invarianten der Schnittweiten direkt ermittelt werden, indem für die Limeswerte $\tau = 0$ bezw. $\varsigma = 0$ diese Invarianten die Form $\Delta \frac{\tau}{\mu \cos^2 i} = 0$ bezw. $\Delta \frac{\varsigma}{\mu} = 0$ annehmen.

Beim Übergang von einer brechende Fläche zur anderen sind die Asymmetrienwerte des in der $n+1$ten Fläche einfallenden Strahlenbündels dieselben wie die des in der $n$ten Fläche gebrochenen, und man ist somit für jeden Fall im Stande, diese Werte für das im letzten Medium gebrochene Strahlenbündel mit den angegebenen Formeln zu berechnen.

Die in der Gleichung $\Delta \mu \delta d^2 \varkappa = 0$ enthaltenen optischen Invarianten geben über die *Strahlenvereinigung in den nächstliegenden Objektstrahlenbündeln* Aufschluss, indem sie die Differentialquotienten erster Ordnung der Funktionen geben, durch welche die Schnittweiten und die Orientirung der Hauptschnitte des gebrochenen Strahlenbündels als von den Coordinaten des Objektpunktes abhängig dargestellt werden. Da die Tangentialebene eine Symmetrieebene ist, so kann die beim Übergang vom centralen Objektpunkt auf einen naheliegenden eintretende Veränderung der Schnittweiten nur eine Neigung der betreffenden Bildfläche gegen die Sagittalebene, nicht aber gegen erstgenannte Ebene darstellen, und die Änderung der Orientirung der Hauptschnitte

kann nur in einer Krümmung der die Tangentialebene senkrecht schneidenden Bildlinien bezw. in einer Krümmung der orthogonalen Trajectorien der Bildlinien des anderen Systems ihren Ausdruck finden.

Es seien nun $\varphi_t \varphi_{tt}$ die Winkel, welche die Tangentialebenen der u-Fläche bezw. der v-Fläche mit den betreffenden Fokalebenen des centralen Objektstrahlenbündels bilden, und es mögen diese Winkel positiv gerechnet werden, wenn im Coordinatensystem $q = \alpha = \beta = 0$ für die Schnittlinie der Bildfläche mit der Symmetriebene $\frac{d\zeta}{d\xi} < 0$ ist. Im Coordinatensystem $p = q = \beta = 0$ gelten mithin die Gleichungen $\frac{\delta \zeta_n}{\delta \xi_n} = -\operatorname{tg}(\varphi_n + i)$ für die Tangentialebenen der Bildflächen, indem der Übergang von einem Punkte zum anderen in diesen Ebenen eine Variation nach dem Parameter ξ_0 bedeutet, und die Coordinaten $\xi_t \eta_t \zeta_t$ bezw. $\xi_{tt} \eta_{tt} \zeta_{tt}$ auf der u-Fläche bezw. auf der v-Fläche als von den beiden Parametern $\xi_0 \eta_0$ abhängig dargestellt werden.

Sind nun im letztgenannten Coordinatensystem $k_t k_{tt}$ die längs einem Hauptstrahle gemessenen Abstände der u-Fläche bezw. der v-Fläche von der durch den Incidenzpunkt gelegten Wellenfläche des Haupstrahlenbündels, auf welcher $\xi \eta$ Coordinaten sind, so erhält man durch Variation der Gleichungen $-\frac{1}{k_t} = \frac{\partial \alpha}{\partial x} + \lambda \frac{\partial \alpha}{\partial y}$, $-\frac{1}{k_{tt}} = \frac{\partial \beta}{\partial y} - \lambda \frac{\partial \alpha}{\partial y}$, die für jede die Haupstrahlenfläche berührende Wellenfläche giltig sind, für $\lambda = 0$:

$$\frac{\delta \partial \alpha}{\delta \xi \partial x} = \frac{1}{k_t^2} \frac{\delta k_t}{\delta \xi} \qquad \frac{\delta \partial \beta}{\delta \xi \partial y} = \frac{1}{k_{tt}^2} \frac{\delta k_{tt}}{\delta \xi}$$

und auf ähnliche Weise wie bei der Ermittelung des Wertes von $d\alpha$:

$$\delta k_n = \alpha \delta \xi_n + \beta \delta \eta_n + \gamma \delta \zeta_n = \left(\alpha + \gamma \frac{\delta \zeta_n}{\delta \xi_n}\right) \delta \xi_n$$

Die Gleichungen $\xi_n - \xi = k_n \alpha$ ergeben nach Variation

$$\delta \xi_n - \delta \xi = k_n \delta \alpha + \alpha \delta k_n$$

mithin

$$\left(\gamma^2 - \alpha \gamma \frac{\delta \zeta_n}{\delta \xi_n}\right) \delta \xi_n = \left(1 + k_n \frac{\delta \alpha}{\delta \xi}\right) \delta \xi$$

und man erhält, wenn die tangentiale und die sagittale Schnittweite im Hauptstrahlenbündel mit p bezw. q bezeichnet werden, durch Einsetzen von

$$k_t = \tau \qquad k_{tt} = \varsigma \qquad \frac{\delta \alpha}{\delta \xi} = -\frac{1}{p} \qquad \alpha = \sin i \qquad \gamma = \cos i \qquad \frac{\delta \zeta_n}{\delta \xi_n} = -\operatorname{tg}(\varphi_n + i)$$

die beiden Gleichungen

$$\frac{\delta \partial \alpha}{\delta \xi \partial x} = \frac{\operatorname{tg} \varphi_t}{\tau \cos i} \left(\frac{1}{p} - \frac{1}{\tau}\right) \qquad \frac{\delta \partial \beta}{\delta \xi \partial y} = \frac{\operatorname{tg} \varphi_{tt}}{\varsigma \cos i} \left(\frac{1}{p} - \frac{1}{\varsigma}\right).$$

Da die Krümmungen der Bildflächen erst durch die Gesetze dritter Ordnung ermittelt werden können, so kann man auch nicht die Krümmung der auf der Bildflächen verlaufenden Bildlinien bezw. ihrer orthogonaler Trajectorien durch die Gesetze zweiter Ordnung erhalten, aber man findet auf folgende Weise die bezüglichen Krümmungen für die auf den Tangentialebenen der Bildflächen verlaufenden Bildlinien. Diejenige Hauptstrahlenfläche, welche aus der u-Fläche die Bildlinie ausschneidet, hat mit der Tangentialebene dieser Fläche eine Schnittlinie, die kurz als die u-Linie bezeichnet werden mag, und deren Krümmungsradius ρ_u sei. Auf dieselbe Weise schneide diejenige Hauptstrahlenfläche, deren Schnittlinie mit der v-Fläche eine Bildlinie darstellt, die Tangentialebene dieser Fläche längs einer v-Linie, und es sei ρ_v der Krümmungshalbmesser der orthogonalen Trajectorie dieser v-Linien. Beide Krümmungsradien seien positiv gerechnet, wenn die concave Seite der bezüglichen Linie der Richtung wachsender Werte von x zugekehrt ist, wonach also die beiden Gleichungen $\frac{\delta^2 \xi_n}{\delta \eta_n^2} = \frac{\cos(\varphi_n + i)}{\rho}$ im Coordinatensystem $p = q = \beta = 0$ bestehen.

Sind nun in diesem Coordinatensystem auf einer beliebigen Objektstrahlenwellenfläche und für einen beliebigen Punkt $x_I y_I x_{II} y_{II}$ Coordinaten auf der ersten bezw. zweiten Haupttangente, und setzt man $dy_I = \lambda_I dx_I$ $dy_{II} = \lambda_{II} dx_{II}$, so kann man der Gleichung $dx_I dx_{II} + dy_I dy_{II} + dz_I dz_{II} = 0$ die Form

$$(1 - \beta^2)\frac{1}{\lambda_{II}} + (1 - \alpha^2)\lambda_I + \alpha\beta\left(1 + \frac{\lambda_I}{\lambda_{II}}\right) = 0$$

geben, wonach sich bei der Variation nach den Parametern $\xi_0 \tau_{i0}$ für $\beta = \lambda_I = \frac{1}{\lambda_{II}} = 0$ ergiebt

$$\delta\frac{1}{\lambda_{II}} + \gamma^2 \delta\lambda_I + \alpha\delta\beta = 0\,.$$

Allgemein ist die Gleichung des zweiten Hauptschnittes

$$\gamma d\xi + \gamma\lambda_I d\eta - (\alpha + \beta\lambda_I)\, d\zeta = 0\,,$$

wo $\xi\eta\zeta$ laufende Coordinaten sind, und man erhält für die von diesem Hauptschnitt berührte u-Linie durch Elimination mit der Gleichung der Tangentialebene der u-Fläche:

$$\frac{\delta\xi_I}{\delta\eta_I} = -\frac{\gamma\lambda_I}{\gamma + (\alpha + \beta\lambda_I)\,\mathrm{tg}\,(\varphi_I + i)}$$

sowie durch Variation für $\beta = \lambda_I = \delta\xi_I = 0$

$$\delta\frac{\delta\xi_I}{\delta\eta_I} = -\frac{\gamma\delta\lambda_I}{\gamma + \alpha\,\mathrm{tg}\,(\varphi_I + i)}$$

mithin, da

$$\delta\frac{\delta\xi_I}{\delta\eta_I} = \frac{\delta^2\xi_I}{\delta\eta_I^2}\frac{\delta\eta_I}{\delta\eta}\delta\eta_i \qquad \delta\eta_I = \left(1 - \frac{\tau}{q}\right)\delta\eta_i$$

ist:

$$\frac{\delta\lambda_I}{\delta\eta_i} = -\frac{\cos\varphi_I}{\rho_u \cos i}\left(1 - \frac{\tau}{q}\right).$$

Auf dieselbe Weise ist die Gleichung des ersten Hauptschnittes

$$\gamma d\xi + \gamma\lambda_{,,} d\eta - (\alpha + \beta\lambda_{,,}) d\zeta = 0\,,$$

und man erhält für die Schnittlinie mit der Tangentialebene der v-Fläche

$$\delta\eta_{,,} = -\frac{\gamma + (\alpha + \beta\lambda_{,,}) \operatorname{tg}(\varphi_{,,} + i)}{\gamma\lambda_{,,}} \delta\xi_{,,}\,.$$

Die Richtungscosinus dieser Schnittlinie verhalten sich mithin wie

$$1 : -\frac{\gamma + (\alpha + \beta\lambda_{,,}) \operatorname{tg}(\varphi_{,,} + i)}{\gamma\lambda_{,,}} : -\operatorname{tg}(\varphi_{,,} + i)\,,$$

und die orthogonale Trajectorie ist durch die Gleichung

$$\delta\xi_{,,} - \frac{\gamma + (\alpha + \beta\lambda_{,,}) \operatorname{tg}(\varphi_{,,} + i)}{\gamma\lambda_{,,}} \delta\eta_{,,} - \operatorname{tg}(\varphi_{,,} + i)\,\delta\zeta_{,,} = 0$$

und die Gleichung der Tangentialebene der v-Fläche bestimmt. Es ergiebt sich

$$\frac{\delta\xi_{,,}}{\delta\eta_{,,}}[1 + \operatorname{tg}^2(\varphi_{,,} + i)] = \frac{\gamma + (\alpha + \beta\lambda_{,,}) \operatorname{tg}(\varphi_{,,} + i)}{\gamma\lambda_{,,}}$$

und für $\beta = \frac{1}{\lambda_{,,}} = \delta\xi = 0$ durch Variation:

$$\delta\frac{\delta\xi_{,,}}{\delta\eta_{,,}} = \frac{\cos^2(\varphi_{,,} + i)}{\cos i}\left\{[\gamma + \alpha \operatorname{tg}(\varphi_{,,} + i)]\,\delta\frac{1}{\lambda_{,,}} + \operatorname{tg}(\varphi_{,,} + i)\,\delta\beta\right\},$$

voraus man, da

$$\delta\eta_{,,} = \left(1 - \frac{\varsigma}{q}\right)\delta\eta \qquad \delta\frac{\delta\xi_{,,}}{\delta\eta_{,,}} = \frac{\cos(\varphi_{,,} + i)}{\rho_v}\left(1 - \frac{\varsigma}{q}\right)\delta\eta$$

ist, nach Einsetzen von

$$\delta\frac{1}{\lambda_{,,}} = -\gamma^2\delta\lambda_{,} - \alpha\delta\beta \qquad \delta\beta = -\frac{\delta\eta}{q}$$

die Gleichung

$$\frac{\delta\lambda_{,}}{\delta\eta} = -\frac{1}{\rho_v \cos\varphi_{,,} \cos i}\left(1 - \frac{\varsigma}{q}\right) - \frac{\operatorname{tg}\varphi_{,,}}{q\cos i}$$

und mithin die Beziehung

$$\frac{q - \varsigma}{\rho_v} = \cos\varphi_{,} \cos\varphi_{,,} \frac{q - \tau}{\rho_u} - \sin\varphi_{,,}$$

erhält.

Die allgemeine Gleichung der Haupttangenten

$$\frac{\partial\alpha}{\partial x} + \lambda\frac{\partial\alpha}{\partial y} = \frac{\partial\beta}{\partial y} + \frac{1}{\lambda}\frac{\partial\beta}{\partial x}$$

giebt nach Multiplication bezw. Division mit λ und Variation für $\frac{\partial\alpha}{\partial y}=\frac{\partial\beta}{\partial x}=0$ und $\lambda_{'}=0$ bezw. $\frac{1}{\lambda_{''}}=0$:

$$\frac{\delta\partial\beta}{\delta\eta\partial x}=-\left(\frac{1}{\tau}-\frac{1}{\varsigma}\right)\frac{\delta\lambda_{'}}{\delta\eta}\qquad\frac{\delta\partial\alpha}{\delta\eta\partial y}=\left(\frac{1}{\tau}-\frac{1}{\varsigma}\right)\frac{\delta}{\delta\eta}\frac{1}{\lambda_{''}}.$$

Anderseits ergiebt die allgemeine Beziehung im Normalenbündel

$$(1-\beta^2)\frac{\partial\alpha}{\partial y}-(1-\alpha^2)\frac{\partial\beta}{\partial x}=\alpha\beta\left(\frac{\partial\alpha}{\partial x}-\frac{\partial\beta}{\partial y}\right)$$

nach Variation

$$\frac{\delta\partial\alpha}{\delta\eta\partial y}=\gamma^2\frac{\delta\partial\beta}{\partial\eta\partial x}-\alpha\frac{\delta\beta}{\delta\eta}\left(\frac{1}{\tau}-\frac{1}{\varsigma}\right)$$

was in Uebereinstimmung mit der oben hergeleiteten Beziehung

$$\delta\frac{1}{\lambda_{''}}+\gamma^2\delta\lambda_{'}+\alpha\delta\beta=0$$

steht. Man erhält also:

$$\frac{\delta\partial\beta}{\delta\eta\partial x}=\frac{\cos\varphi_{'}}{\cos i}\frac{\tau}{\rho_u}\left(\frac{1}{\tau}-\frac{1}{q}\right)\left(\frac{1}{\tau}-\frac{1}{\varsigma}\right)=\left[\frac{\varsigma}{\rho_v\cos\varphi_{''}\cos i}\left(\frac{1}{\varsigma}-\frac{1}{q}\right)+\frac{\operatorname{tg}\varphi_{''}}{q\cos i}\right]\left(\frac{1}{\tau}-\frac{1}{\varsigma}\right).$$

Im Coordinatensystem $p=q=\beta=0$ sind nur diejenigen durch successive Differentiationen und Variationen erhaltenen Ableitungen von $\varkappa$ von Null verschieden, für welche die Summe der Ordnungszahlen der partiellen Ableitungen nach y und η eine gerade Zahl ist, wonach mithin von den durch zweimalige Differentiation und nachherige Variation erhaltenen Werten nur $\frac{\delta\partial^2\varkappa}{\delta\xi\partial x^2}\;\frac{\delta\partial^2\varkappa}{\delta\eta\partial x\partial y}\;\frac{\delta\partial^2\varkappa}{\delta\xi\partial y^2}$ von Null verschieden sind. Anderseits hat man

$$\frac{\delta\partial\alpha}{\delta\eta\partial x}=\frac{\delta\partial\alpha}{\delta\xi\partial y}=\frac{\delta\partial\beta}{\delta\xi\partial x}=\frac{\delta\partial\beta}{\delta\eta\partial y}=0,$$

wonach also nur diejenigen Ableitungen, deren geometrische Bedeutung eben eruirt worden ist, von Null verschieden sind.

Die beiden Gleichungen $x_0-x=\varkappa\alpha$, $y_0-y=\varkappa\beta$ ergeben nach Differentiation und nachfolgender Variation für $\varkappa=0$:

$$-\delta dx=\alpha\delta d\varkappa+\delta\varkappa d\alpha+\delta\alpha d\varkappa\qquad-\delta dy=\delta\varkappa d\beta+\delta\beta d\varkappa$$

Unter Anwendung der optischen Invarianten erster und zweiter Ordnung

$$d\varkappa=\alpha dx_0\qquad\delta\varkappa=\alpha\delta\xi_0\qquad\delta d\varkappa=\left(\gamma^2\frac{\delta\alpha}{\delta\xi}+\gamma r\right)\delta\xi_0 dx_0+\left(\frac{\delta\beta}{\delta\eta}+\gamma t\right)\delta\eta_0 dy_0$$

erhält man aus den Gleichungen

$$\delta d\alpha = \frac{\delta\partial\alpha}{\delta\xi\partial x}\delta\xi dx + \frac{\delta\partial\alpha}{\delta\eta\partial y}\delta\eta dy + \frac{\partial\alpha}{\partial x}\delta dx$$

$$\delta d\beta = \frac{\delta\partial\beta}{\delta\eta\partial x}\delta\eta dx + \frac{\delta\partial\beta}{\delta\xi\partial y}\delta\xi dy + \frac{\partial\beta}{\partial y}\delta dy$$

die Beziehungen

$$\frac{\delta\partial\alpha}{\delta\xi_0\partial x_0} = \gamma^4\frac{\delta\partial\alpha}{\delta\xi\partial x} - \alpha\frac{\partial\alpha}{\partial x}\left(2\gamma^3\frac{\delta\alpha}{\delta\xi} + \gamma^2\frac{\partial\alpha}{\partial x} + \gamma r\right) \qquad \frac{\delta\partial\beta}{\delta\eta_0\partial x_0} = \gamma^3\frac{\delta\partial\beta}{\delta\eta\partial x} - \alpha\frac{\partial\beta}{\partial y}\frac{\delta\beta}{\delta\eta}$$

$$\frac{\delta\partial\alpha}{\delta\eta_0\partial y_0} = \frac{\delta\partial\alpha}{\delta\eta\partial y} - \alpha\frac{\partial\alpha}{\partial x}\left(\frac{\delta\beta}{\delta\eta} + \gamma t\right) \qquad \frac{\delta\partial\beta}{\delta\xi_0\partial y_0} = \gamma^2\frac{\delta\partial\beta}{\delta\xi\partial y} - \alpha\left(\frac{\partial\beta}{\partial y}\right)^2.$$

Die optischen Invarianten erster Ordnung ergeben, wenn man dieselben differentiirt und dann variirt:

$$\Delta\mu(\delta d\alpha + \gamma\delta dp + \delta p d\gamma + \delta\gamma dp) = 0$$
$$\Delta\mu(\delta d\beta + \gamma\delta dq + \delta q d\gamma + \delta\gamma dq) = 0$$

und man erhält nach Einsetzen von

$$dp = r dx_0 \qquad dq = t dy_0 \qquad \delta p = r\delta\xi_0 \qquad \delta q = t\delta\eta_0 \qquad d\gamma = -\frac{\alpha}{\gamma}d\alpha \qquad \delta\gamma = -\frac{\alpha}{\gamma}\delta\alpha$$
$$\delta dp = U\delta\xi_0 dx_0 + W\delta\eta_0 dy_0 \qquad \delta dq = W(\delta\eta_0 dx_0 + \delta\xi_0 dy_0)$$

die vier Invariantengleichungen

$$\Delta\mu\left\{\gamma^4\frac{\delta\partial\alpha}{\delta\xi\partial x} - \alpha\frac{\partial\alpha}{\partial x}\left[\gamma^2\left(\frac{\partial\alpha}{\partial x} + \frac{\delta\alpha}{\delta\xi}\right) + 2\gamma r\right] - \alpha\frac{\delta\alpha}{\delta\xi}\left(\gamma^2\frac{\partial\alpha}{\partial x} + \gamma r\right) + \gamma U\right\} = 0$$

$$\Delta\mu\left\{\frac{\delta\partial\alpha}{\delta\eta\partial y} - \alpha\frac{\partial\alpha}{\partial x}\left(\frac{\delta\beta}{\delta\eta} + \gamma t\right) + \gamma W\right\} = 0$$

$$\Delta\mu\left\{\gamma^2\frac{\delta\partial\beta}{\delta\eta\partial x} - \alpha\left(\frac{\partial\beta}{\partial y}\frac{\delta\beta}{\delta\eta} + \gamma t\frac{\partial\alpha}{\partial x}\right) + \gamma W\right\} = 0$$

$$\Delta\mu\left\{\gamma^2\frac{\delta\partial\beta}{\delta\xi\partial y} - \alpha\left(\frac{\partial\beta}{\partial y}\right)^2 - \alpha\gamma t\frac{\delta\alpha}{\delta\xi} + \gamma W\right\} = 0$$

von welchen nach Einsetzen der ermittelten Werte die erste und vierte die *optischen Invarianten der Neigung der Bildflächen*

$$\Delta\mu\left\{\cos^3 i\frac{\operatorname{tg}\varphi_r}{\tau}\left(\frac{1}{\tau} - \frac{1}{p}\right) + \sin i\left(\frac{1}{\tau} + \frac{1}{p}\right)\left(\frac{\cos^2 i}{\tau} - \frac{\cos i}{\rho_r}\right) + \frac{\sin i}{\tau}\left(\frac{\cos^2 i}{p} - \frac{\cos i}{\rho_r}\right) - U\cos i\right\} = 0$$

$$\Delta\mu\left\{\cos i\frac{\operatorname{tg}\varphi_{rr}}{\varsigma}\left(\frac{1}{\varsigma} - \frac{1}{p}\right) + \sin i\left(\frac{1}{\varsigma^2} - \frac{\cos i}{p\rho_{rr}}\right) - W\cos i\right\} = 0$$

ergeben, und die beiden anderen in die *optische Invariante der Krümmung der Bildlinien*

$$\Delta\mu\left\{\cos i\cos\varphi_r\frac{\tau}{\rho_u}\left(\frac{1}{\tau} - \frac{1}{q}\right)\left(\frac{1}{\tau} - \frac{1}{\varsigma}\right) - \sin i\left(\frac{1}{\varsigma q} - \frac{\cos i}{\tau\rho_{rr}}\right) + W\cos i\right\} = 0$$

zusammenfallen. Durch diese Gleichung erhält man im allgemeinen Falle die Krümmung der u-Linie im $n+1$ten Medium aus der entsprechenden Krümmung im $n$ten, wobei beide Linien Bildlinien sind, die im bezüglichen Medium der gegebenen Lage der Objektfläche entsprechen. Für die erste Brechung hat man im einfallenden Strahlenbündel das ρ_u enthaltenden Glied gleich Null zu setzen. Die so ermittelten Linien sind mithin Bildlinien nur in Bezug auf die gegebene Objektfläche, nicht aber in Bezug auf einander, indem sie im allgemeinen Falle nicht in einander abbildbar sind. Von den abbildbaren Linien auf der Objektfläche erfährt man durch diese Gleichungen allein nichts. Das Gleiche gilt von den v-Linien, für welche die Krümmung der orthogonalen Trajectorie am bequemsten aus der Beziehung

$$\frac{q-\varsigma}{\rho_v} = \cos\varphi_v \cos\varphi_u \frac{q-\tau}{\rho_u} - \sin\varphi_u$$

erhalten wird.

Von den *singulären* Fällen, in welchen diese Invarianten in der allgemeinen Form nicht anwendbar sind, bietet der Fall, wo das Objektstrahlenbündel nach einer Brechung anastigmatisch ist, ein besonderes Interesse dar, indem dabei die Systeme der Bildlinien einen singulären Punkt aufweisen. Setzt man zur Abkürzung

$$\frac{\cos\varphi_n}{\cos i \cos(\varphi_n + i)} = l \qquad \frac{\beta \operatorname{tg}(\varphi_n + i)}{\gamma} - m$$

so nimmt die oben benutzte Gleichung

$$\frac{\delta\xi_n}{\delta\eta_n} = -\frac{\gamma\lambda_n}{\gamma + (\alpha + \beta\lambda_n)\operatorname{tg}(\varphi_n + i)}$$

die Form

$$\lambda_n = -\frac{l\delta\xi_n}{\delta\eta_n + m\delta\xi_n}$$

an, und man erhält durch Einsetzen dieses Wertes in die allgemeine Differentialgleichung der Hauptkrümmungslinien auf der Wellenfläche eines Objektstrahlenbündels

$$\frac{\partial\alpha}{\partial x} + \lambda\frac{\partial\alpha}{\partial y} = \frac{\partial\beta}{\partial y} + \frac{1}{\lambda}\frac{\partial\beta}{\partial x}$$

die allgemeine Differentialgleichung der Bildlinien in einem einfach asymmetrischen System

$$\frac{\partial\beta}{\partial x}\delta\eta_n^2 + \left(\frac{\partial\alpha}{\partial x} - \frac{\partial\beta}{\partial y}\right) l\delta\xi_n\delta\eta_n - \frac{\partial\alpha}{\partial y} l^2\delta\xi_n^2 + m\delta\xi_n(u) = 0,$$

wo

$$u = \left[l\left(\frac{\partial\alpha}{\partial x} - \frac{\partial\beta}{\partial y}\right) + m\frac{\partial\beta}{\partial x}\right]\delta\xi_n + 2\frac{\partial\beta}{\partial x}\delta\eta_n$$

ist, und unter Bildlinien diejenigen auf der im Schnittpunkte des centralen Strahles mit der bezüglichen Bildfläche errichteten Tangentialebene dieser Fläche verlaufenden Linien verstanden werden, deren Tangenten überall im bezüglichen Hauptschnitte des

entsprechenden Objektstrahlenbündels liegen. Für die Benutzung der Gleichung hat man bei der Variation die Parameter $\xi_0\,\eta_0$ als von den Coordinaten $\xi_{,,}\eta_{,,}$ abhängig darzustellen — was mittels der Normalengleichungen der Hauptstrahlenwellenfläche erreicht wird — wonach von diesen Coordinaten die eine oder andere als unabhängige Variabele gewählt wird.

Es ist vielleicht angezeigt, den Vorgangsmodus zunächst an dem schon untersuchten allgemeinen Fall zu demonstriren. Man erhält:

$$\left(\frac{\partial\alpha}{\partial x}-\frac{\partial\beta}{\partial y}\right) l\,\delta\xi_{,,}\delta\eta_{,,}=0$$

woraus für die u- bezw. v-Linie erfolgt:

$$\delta\xi_{,}=-\frac{\lambda_{,}}{l}\delta\eta_{,}=0 \qquad \delta\eta_{,,}=-\frac{l}{\lambda_{,,}}\cdot\delta\xi_{,,}=0$$

Durch Variation erhält man dann, je nachdem der eine oder andere dieser Werte eingesetzt wird

$$\frac{\delta\partial\beta}{\delta\eta_{,}\partial x}\frac{\delta\eta_{,}}{\delta\eta_{,,}}\delta\eta_{,}^{2}+\left(\frac{\partial\alpha}{\partial x}-\frac{\partial\beta}{\partial y}\right) l\,\delta^{2}\xi_{,}=0 \qquad \delta^{2}\eta_{,,}=0$$

woraus einesteils die Krümmung der u-Linie in Übereinstimmung mit dem schon deducirten Werte gefunden wird, anderenteils für die in der Symmetrieebene verlaufende v-Linie in Übereinstimmung hiermit die Krümmung Null resultirt.

Für die singulären Punkte der Bildlinien kommt nun eine Methode zur Verwendung, die derjenigen vollkommen analog ist, mit welcher ich in den schon citirten Arbeiten die Kreispunkte der Flächen untersucht habe, und auf welche ich für nähere Details verweise.

Die Begriffe der u- und v-Linien werden hierbei so definirt, dass die Bildlinien, welche die Symmetrieebene senkrecht schneiden, u-Linien genannt werden, wobei die Frage zunächst offen gelassen wird, ob dieselben auf beiden Seiten des singulären Punktes auf einer und derselben Bildfläche liegen, mithin einem und demselben System angehören oder nicht. Auf dieselbe Weise ist die in der Symmetrieebene liegende Bildlinie eine v-Linie, sie mag nun die Schnittlinie dieser Ebene mit einer der Bildflächen darstellen oder aus zwei solchen Schnittlinien bestehen, welche einander im singulären Punkte treffen und dort die Tangente gemeinsam haben.

Was demnächst die Orientirung der Bildlinien betrifft, so verhält es sich zwar so, dass der singuläre Punkt ein wirklicher unter vollständiger Strahlenvereinigung erster Ordnung zustandegekommener Bildpunkt ist, aber hieraus folgt ebenso wenig, dass Bildlinien von allen Seiten her in denselben einstrahlen sollten, wie das analoge Verhalten der Krümmungslinien in den Kreispunkten der Flächen aus dem Umstande folgen sollte, dass die allgemeine Gleichung der Haupttangenten unbestimmte Werte ergiebt. In beiden Fällen ergeben sich die in die singulären Punkte eintretenden Linien durch Ableitung der allgemeinen Gleichung. Man erhält für $\frac{\partial\alpha}{\partial x}-\frac{\partial\beta}{\partial y}=m=u=0$ nach Variation:

$$\frac{\delta\partial\beta}{\delta\eta\partial x}\frac{\delta\eta_l}{\delta\eta_{ln}}\delta\eta_{ln}^3+\left\{\left(\frac{\delta\partial\alpha}{\delta\xi\partial x}-\frac{\delta\partial\beta}{\delta\xi\partial y}\right)\frac{\delta\xi}{\delta\xi_n}-l\frac{\delta\partial\alpha}{\delta\eta\partial y}\frac{\delta\eta_l}{\delta\eta_{ln}}\right\}l\delta\xi_n^2\delta\eta_{ln}=0\,,$$

wonach ausser der in der Symmetrieebene liegenden noch zwei Bildlinien vorhanden sind, wenn die Wurzeln der quadratischen Gleichung reell sind. Die Projectionen der Tangenten dieser Bildlinien auf die $X\,Y$-Ebene bilden dann mit der Symmetrieebene die Winkel $\operatorname{arc\,tg}\frac{\delta\eta_{ln}}{\delta\xi_n}$ und, wenn die Winkel, welche die auf der Tangentialebene der Bildflächen verlaufenden Bildlinien mit der Symmetrieebene bilden, mit ω_n bezeichnet werden, wobei $\operatorname{tg}\omega_n=\cos(\varphi_n+i)\frac{\delta\eta_{ln}}{\delta\xi_n}$ ist, so findet man nach Einsetzen der Werte von $l\frac{\delta\xi_n}{\delta\xi}\frac{\delta\eta_{ln}}{\delta\eta_l}\frac{\delta\partial\alpha}{\delta\xi\partial x}\frac{\delta\partial\beta}{\delta\xi\partial y}$ und unter Beachtung, dass $\frac{\delta\partial\alpha}{\delta\eta\partial y}=\gamma^2\frac{\delta\partial\beta}{\delta\eta\partial x}$ ist:

$$\frac{\operatorname{tg}\omega_n}{\cos\varphi_n}=\pm\sqrt{1+\left(\frac{1}{\tau}-\frac{1}{q}\right)\frac{\operatorname{tg}\varphi_l'-\operatorname{tg}\varphi_n}{\tau H\cos i}}\,,$$

wo H für $\frac{\delta\partial\beta}{\delta\eta\partial x}$ gesetzt worden ist, und der Wert dieser Ableitung aus der betreffenden Invariantengleichung für die letzte Brechung erhalten wird. Es ist hier φ_l der Winkel, den die von den u-Linien senkrecht geschnittene, in der Symmetrieebene liegende Linie, φ_n der Winkel, den die in der Symmetrieebene liegende v-Linie mit der Fokalebene des centralen Strahles bildet, und man hat $\omega_n\,\varphi_n$ durch $\omega_l\,\varphi_l$ bezw. $\omega_u\,\varphi_u$ zu ersetzen, je nachdem die fragliche Bildlinie auf der die Symmetrieebene längs diesen Linien schneidenden u- bezw. v-Ebene liegt. Diese so definirten Ebenen treten im singulären Punkt an der Stelle der Tangentialebenen der Bildflächen, und es bleibt also bis auf weiteres unausgesprochen, ob eine durch die eben deducirte Gleichung bestimmte Bildlinie zu beiden Seiten des singulären Punktes auf einer und derselben Ebene verläuft oder nicht. Im letzteren Falle haben immerhin, wie aus der Gleichung hervorgeht, die Projectionen der beiden Teile der Bildlinie auf die Fokalebene des centralen Strahles im singulären Punkte die Tangente gemeinsam.

Um über das Verhalten der Bildflächen Aufschluss zu gewinnen, ist es zunächst notwendig zu untersuchen, in welchen Fällen der singuläre Punkt auf einer aus lauter solchen Punkten bestehenden Linie, einer singulären Linie liegen kann. Da längs einer solchen Linie eine vollständige Strahlenvereinigung erster Ordnung stattfindet, muss dieselbe eine Bildlinie sein, und die notwendige Bedingung ist mithin, dass für eine der Wurzeln der Gleichung der Bildlinien $d\tau=d\varsigma$ ist. Hinreichend ist diese Bedingung nicht, denn es ist offenbar erforderlich, dass längs der ganzen singulären Linie $d\tau=d\varsigma$ sein muss, aber darüber können die Gesetze zweiter Ordnung keinen Aufschluss geben.

In der Gleichung

$$\frac{1}{\varsigma}-\frac{1}{\tau}=\frac{\partial\alpha}{\partial x}-\frac{\partial\beta}{\partial y}+2\lambda\frac{\partial\alpha}{\partial y}=0$$

hat man zunächst

$$\lambda=\frac{\delta\eta}{\delta\xi}=\frac{\delta\eta_l}{\delta\eta_{ln}}\frac{\delta\xi_n}{\delta\xi}\frac{\delta\eta_{ln}}{\delta\xi_n}$$

zu setzen, wonach sich durch Variation ergiebt

$$\left(\frac{\delta\partial\alpha}{\delta\xi\partial x}-\frac{\delta\partial\beta}{\delta\xi\partial y}\right)\left(\frac{\delta\eta_m}{\delta\eta_l}\right)^2\delta\xi_m^2+2\tau^2\frac{\delta\partial\beta}{\delta\eta\partial x}\left(\frac{\delta\xi_n}{\delta\xi}\right)^2\delta\eta_n^2=0\,.$$

Da die Wurzeln dieser Gleichung die Gleichung der Bildlinien satisficiren müssen, so geht es aus derselben hervor, dass nur dann eine singuläre Linie in der Symmetrieebene liegen kann, wenn $\frac{\delta\partial\alpha}{\delta\xi\partial x}=\frac{\delta\partial\beta}{\delta\xi\partial y}$ ist, wobei die Schnittlinien der beiden Bildflächen mit der Symmetrieebene einander berühren, dass eine auf der Symmetrieebene senkrecht stehende singuläre Linie nur dann vorhanden sein kann, wenn $\frac{\delta\partial\beta}{\delta\eta\partial x}=0$ ist, und die beiden Bildflächen einander längs der Schnittlinien mit der Symmetrieebene nicht berühren, sowie dass zwei, einen endlichen Winkel mit der Symmetrieebene bildende singuläre Linien nur in einem ganz speciellen Sonderfalle denkbar wären.

Von diesem Sonderfalle abgesehen kann mithin, wenn $\varphi_l-\varphi_{ll}\gtrless 0$ $H\gtrless 0$ ist, keine singuläre Linie vom untersuchten singulären Punkte ausgehen. Da die beiden Bildflächen einander nur in den singulären Punkten berühren oder schneiden können, so folgt hieraus, dass im allgemeinen Falle nur ein Berührungspunkt zwischen den beiden Bildflächen vorhanden ist, indem dieselben jede auf einer anderen Seite der Fokalebene belegen sind, und dass somit die u-Linien, welche auf der Seite zunehmender x die Symmetrieebene schneiden, nicht auf derselben Fläche belegen sind, mithin auch nicht demselben System angehören wie die auf der Seite abnehmender x die Symmetrieebene schneidenden u-Linien. Auf dieselbe Weise verläuft die in der Symmetrieebene liegende v-Linie auf jeder Seite des singulären Punktes auf einer anderen Fläche.

Um den Verlaufstypus der Bildlinien in der Umgebung des singulären Punktes zu eruiren, sei die oben für den allgemeinen Fall deducirte, die Krümmung der u-Linie bestimmende Gleichung

$$\frac{\delta\partial\beta}{\delta\eta\partial x}\frac{\delta\eta}{\delta\eta_l}\delta\eta_l^2+\left(\frac{\partial\alpha}{\partial x}-\frac{\partial\beta}{\partial y}\right)l\delta^2\xi_l=0$$

auf folgende Weise geschrieben

$$\rho_u H=-\frac{\tau\cos\varphi_l}{\cos i}\left(\frac{1}{\tau}-\frac{1}{q}\right)\left(\frac{\partial\alpha}{\partial x}-\frac{\partial\beta}{\partial y}\right).$$

Für die Krümmung der dem singulären Punkte nächstliegenden, die Symmetrieebene schneidenden u-Linien in den Schnittpunkten mit dieser Ebene erhält man durch Variation, indem σ die Bogenlänge der Schnittlinie der u-Ebene mit der Symmetrieebene, mithin $\delta\xi_l=\cos(\varphi_l+i)\delta\sigma$ ist:

$$H\delta\rho_u=-\frac{\tau\cos\varphi_l}{\cos i}\left(\frac{1}{\tau}-\frac{1}{q}\right)\left(\frac{\delta\partial\alpha}{\delta\xi\partial x}-\frac{\delta\partial\beta}{\delta\xi\partial y}\right)\frac{\delta\xi}{\delta\xi_l}\cos(\varphi_l+i)\delta\sigma$$

und nach Einsetzen der bezüglichen Werte:

$$\frac{\delta \rho_u}{\delta \sigma} = \frac{\cos^2 \varphi_I (\operatorname{tg} \varphi_I - \operatorname{tg} \varphi_{II})}{\tau H \cos i} \left(\frac{1}{\tau} - \frac{1}{q} \right).$$

Die Werte $\varphi_I \, \varphi_{II} \frac{\delta \rho_u}{\delta \sigma}$ charakterisiren den singulären Punkt vollständig hinsichtlich der Gesetze zweiter Ordnung. Der quadratischen Gleichung für die Orientirung der im singulären Punkte die Symmetrieebene unter endlichem Winkel schneidenden Bildlinien kann nun folgende Form gegeben werden:

$$\frac{\operatorname{tg} \omega_n}{\cos \varphi_n} = \pm \sqrt{1 + \frac{1}{\cos^2 \varphi_I} \frac{\delta \rho_u}{\delta \sigma}}$$

oder, wenn die Bildlinien auf die im singulären Punkte errichtete Fokalebene projicirt werden, und dabei $\omega \, \rho \, s$ dieselbe Bedeutung für die Projectionen haben wie $\omega_n \rho_u \sigma$ für die auf der u- bezw. v-Ebene verlaufenden Bildlinien

$$\operatorname{tg} \omega = \pm \sqrt{1 + \frac{d\rho}{ds}}$$

indem für die projicirten Linien dieselben Werte gelten wie für die auf der Fokalebene abgebildeten Linien, mithin $\varphi_I = \varphi_{II} = 0$ zu setzen ist. Da hierbei $d\rho_u = d\rho_v$ wird, so gilt $\frac{d\rho}{ds}$ auch für die orthogonalen Trajectorien der v-Linien.

Da das Vorzeichen von $\frac{d\rho}{ds}$ angiebt, ob die dem singulären Punkte nächstliegenden, die Symmetrieebene schneidenden u-Linien ihre konvexe oder konkave Seite demselben zukehren, und das Vorzeichen des Produktes $\frac{d\rho}{ds}\left(\frac{d\rho}{ds} + 1\right)$ darüber entscheidet, ob sich nächstliegende v-Linien der in der Symmetrieebene verlaufenden beim Eintritt in den singulären Punkt anschmiegen oder nicht, so ergiebt sich nunmehr folgendes über den *Verlauf der Bildlinien in der Umgebung der singulären Punkte.* (S. Fig. 1, wo die auf der einen Bildfläche verlaufenden Bildlinien für die verschiedenen Fälle skizzirt sind.)

Bei $\frac{d\rho}{ds} < -1$ geht nur eine Bildlinie durch den singulären Punkt, in welchem dieselbe, in der Symmetrieebene liegend, von der einen Bildfläche auf die andere übergeht. Die nächstliegenden Bildlinien haben den umbiegenden Verlaufstypus und stellen auf der einen Seite des singulären Punktes u-Linien, auf der anderen v-Linien dar. S. Nr. 1.

Bei $-1 < \frac{d\rho}{ds} < 0$ gehen drei Bildlinien unter endlicher Krümmung durch den singulären Punkt, wobei für sämmtliche der Übergang von der einen Bildfläche auf die andere stattfindet. Die Projektionen der beiden Zweige einer dieser Linien auf die Fokalebene haben im singulären Punkte eine und dieselbe Tangente, welche einen Winkel $< \frac{\pi}{4}$ mit der Symmetrieebene bildet. Die nächstliegenden Bildlinien

zeigen auf der einen Seite den umbiegenden Typus, schmiegen sich aber auf der anderen Seite der in der Symmetrieebene verlaufenden beim Eintritt in diesen Punkt an. S. Nr. 2.

Bei $\frac{d\rho}{ds}>0$ gehen auf dieselbe Weise drei Bildlinien durch den singulären Punkt. Der Winkel, den die nicht in der Symmetrieebene liegenden dieser Bildlinien, auf die Fokalebene projicirt, mit erstgenannter Ebene bilden, ist $>\frac{\pi}{4}$. Die nächstliegenden Bildlinien haben den ausbiegenden Verlaufstypus. S. Nr. 3.

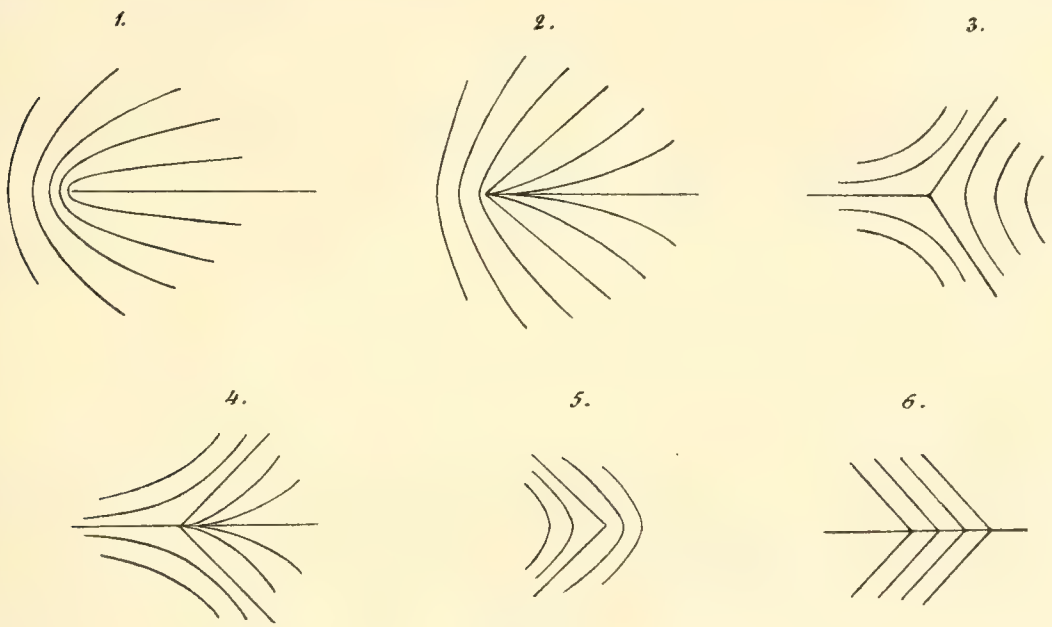


Fig. 1.

Bei $\frac{d\rho}{ds}=0$ bilden die auf die Fokalebene projicirten durch den singulären Punkt gehenden Bildlinien einen Winkel von $\frac{\pi}{4}$ mit der Symmetrieebene. Wenn $\frac{d^n\rho}{ds^n}$ der erste Differentialquotient ist, der von Null verschieden ist, und n eine ungerade Zahl darstellt, so entscheidet das Vorzeichen dieses Differentialquotienten darüber, ob der Typus 2 oder 3 vorliegt. Ist n eine gerade Zahl, so bleibt die in der Symmetrieebene liegende Bildlinie auf einer und derselben Bildfläche, während die beiden anderen den gewöhnlichen Übergang im singulären Punkt aufweisen. Der Verlaufstypus der nächstliegenden Bildlinien wird dadurch bestimmt, dass auf der einen Seite des singulären Punktes die Bedingung $-1<\frac{d\rho}{ds}<0$, auf der anderen $\frac{d\rho}{ds}>0$ besteht. S. Nr. 4 und 5 für die eine bezw. andere Bildfläche. Es kann auch bei $\frac{d\rho}{ds}=0$ die in der Symmetrieebene liegende Bildlinie eine singuläre Linie sein, wobei

dieselbe beiden Bildflächen gemeinsam ist, und die auf einer der Bildflächen verlaufenden Bildlinien im Schnittpunkte mit derselben rechtwinkelig umbiegen. S. Nr. 6.

Endlich bilden die Fälle $H=0$ den Übergang zwischen den Typen 1 und 3, indem dabei $\frac{d\rho}{ds}$ einen unendlichen negativen bezw. positiven Wert annimmt. Es kann hierbei eine die Symmetrieebene senkrecht schneidende Bildlinie mit endlicher Krümmung durch den singulären Punkt gehen, welche eventuell auch eine singuläre Linie sein kann. Die nähere Analyse dieser Fälle sowie der erwähnten Sonderfälle, wo längs den die Symmetrieebene im singulären Punkt schneidenden Bildlinien $d\tau - d\varsigma = 0$ ist, dürfte hier nicht am Platze sein.

Hinzufügen möchte ich nur, dass nicht nur das Vorzeichen sondern auch die Grösse des Wertes $\frac{d\rho}{ds}$ im speciellen Falle dazu geeignet ist, über den Verlauf der Bildlinien Aufschluss zu geben, da unter Anwendung desselben die Krümmungsradien der nächstliegenden u-Linien und die Tangenten der nächstliegenden v-Linien annäherungsweise berechnet werden können.

Hiermit ist also die Bedeutung des Wertes $\frac{\partial\alpha\beta}{\partial\eta\partial x}$ für den Fall, dass das Strahlenbündel anastigmatisch ist, klargelegt.

Demnächst sind die *singulären Fälle* zu untersuchen, wo die ermittelten optischen Invarianten der Neigung der Bildflächen und der Krümmung bezw. des Verlaufstypus der Bildlinien nicht anwendbar sind. Ist das Strahlenbündel astigmatisch, so erhält man die bezüglichen Ersatzformeln auf dieselbe einfache Weise wie für die Asymmetrienwerte und zwar am bequemsten durch entsprechende Multiplikationen mit den optischen Invarianten zweiter Ordnung in der Limesform $\Delta\frac{\tau}{\mu\cos^2 i}=0$ bezw. $\Delta\frac{\varsigma}{\mu}=0$ und die analogen Gleichungen für p und q. So findet man für $\tau=0$:

$$\Delta\frac{\operatorname{tg}\varphi_I+\operatorname{tg} i}{\mu\cos i}=0 \qquad \Delta\left(\frac{\cos\varphi_I}{\rho_u\cos i}+\frac{\operatorname{tg} i}{\rho_{II}}\right)=0$$

für $\varsigma=0$:

$$\Delta\frac{1}{\mu}(\cos i\operatorname{tg}\varphi_{II}+\sin i)=0 \qquad \Delta\left(\cos i\cos\varphi_I\frac{\tau}{\rho_u}\left(\frac{1}{\tau}-\frac{1}{q}\right)+\frac{\sin i}{q}\right)=0,$$

für $p=0$

$$\Delta\left\{\frac{\cos i\operatorname{tg}\varphi_I}{\tau}-\sin i\left(\frac{2}{\tau}-\frac{1}{\rho_I\cos i}\right)\right\}=0 \qquad \Delta\left(\frac{\operatorname{tg}\varphi_{II}}{\varsigma\cos i}+\frac{\operatorname{tg} i}{\rho_{II}}\right)=0$$

und für $q=0$

$$\Delta\left(\cos i\cos\varphi_I\frac{\tau}{\rho_u}\left(\frac{1}{\tau}-\frac{1}{\varsigma}\right)+\frac{\sin i}{\varsigma}\right)=0.$$

Ist hierbei das Strahlenbündel vor oder nach der Brechung anastigmatisch, so schreibt man die Invariante

$$\Delta\left(\cos^2 i\, qH - \frac{\sin i}{\varsigma}\right) = 0$$

und hat im betreffenden Medium für qH die bezüglichen Werte

$$-\frac{\cos\varphi_I}{\cos i}\frac{\tau}{\rho_u}\left(\frac{1}{\tau}-\frac{1}{\varsigma}\right) \qquad -\frac{\cos^2\varphi_I(\operatorname{tg}\varphi_I - \operatorname{tg}\varphi_{II})}{\tau\cos i\,\frac{\delta\rho_u}{\delta\varsigma}}$$

einzusetzen mit der Ausnahme jedoch, dass, wie schon bemerkt wurde, bei der ersten Brechung für die Objektfläche $H=0$ ist.

Für den Fall $\tau=\varsigma=0$ gelten die oben für $\tau=0$ bezw. $\varsigma=0$ ermittelten Gleichungen betreffend φ_I und φ_{II}, da dieselben von dem Werte von ς bezw. τ unabhängig sind. Um die Invariante für $\frac{\delta\rho_u}{\delta\varsigma}$ zu erhalten, geht man am besten beim Limesübergang von der allgemeinen Gleichung

$$\tau\varsigma H = \frac{\cos\varphi_I}{\cos i}\left(1-\frac{\tau}{q}\right)\frac{\varsigma-\tau}{\rho_u}$$

aus. Wird das Strahlenbündel anastigmatisch, so gehen $\varsigma-\tau$ und ρ_u gleichzeitig durch Null hindurch, wonach der Wert des Bruches durch Differentiation erhalten wird. Die allgemeingiltige Beziehung für ein anastigmatisches Strahlenbündel kann mithin auf folgende Weise geschrieben werden:

$$\tau\varsigma H = \frac{\cos\varphi_I}{\cos i}\left(1-\frac{\tau}{q}\right)\frac{\delta\varsigma-\delta\tau}{\delta\rho_u},$$

und es bleibt in diesem Ausdrucke die Differenz $\delta\varsigma-\delta\tau$ unverändert dieselbe, ob die Abstände $\tau\varsigma$ von der brechenden Fläche oder von der im Incidenzpunkt gelegten Wellenfläche gerechnet werden. Im Falle $\tau=\varsigma=0$ erhält man somit

$$\delta\varsigma-\delta\tau = -(\operatorname{tg}\varphi_{II}-\operatorname{tg}\varphi_I)\cos\varphi_I\,\delta\sigma$$

auch für den Fall, dass $\tau\varsigma$ von der brechenden Fläche aus gerechnet werden. Für diesen Fall kann aber die allgemeine optische Invariante mit den Invarianten $\Delta\frac{\tau}{\mu\cos^2 i}=0$ $\Delta\frac{\varsigma}{\mu}=0$ multiplicirt werden, woraus sich $\Delta\frac{\tau\varsigma H}{\mu}=0$ und die Invariante

$$\Delta\frac{\mu\cos i\,\frac{\delta\rho_u}{\delta\sigma}}{\cos^2\varphi_I(\operatorname{tg}\varphi_I-\operatorname{tg}\varphi_{II})}=0$$

ergiebt. Bei diesem Ausdrucke möchte ich darauf aufmerksam machen, dass die Form $\Delta k\frac{d\rho}{ds}=0$ mit einer Gleichung von der Form $\Delta C\left(\frac{d\rho}{ds}+1\right)=0$ nicht vereinbar ist, dass es somit vorkommen kann, dass nach der Brechung drei Bildlinien mit

endlicher Krümmung durch den singulären Punkt gehen, während vor der Brechung dasselbe nur mit der in der Symmetrieebene liegenden Bildlinie der Fall ist, und umgekehrt — ein schlagender Ausdruck dafür, dass die Bildlinien im einen Medium allgemein nicht in die Bildlinien im anderen abbildbar sind.

Nunmehr sind also die vollständigen Mittel angegeben worden, mit denen die Asymmetrienwerte des centralen Objektstrahlenbündels, die Neigungen der Bildflächen und die Krümmungen der durch die Schnittpunkte des centralen Strahles mit den Bildflächen gehenden u-Linie bezw. orthogonalen Trajectorie der v-Linien und, wenn das centrale Strahlenbündel anastigmatisch ist, die den Verlaufstypus der Bildlinien bestimmende Grösse im letzten Medium für alle Fälle berechnet werden können.

Die optische Projection. Die in der Gleichung $\Delta\mu\delta^2 dz = 0$ enthaltenen optischen Invarianten geben in Übereinstimmung damit, dass $dz = \delta z$ ist, die Asymmetrienwerte im Hauptstrahlenbündel, welche mit $R_p S_p$ bezeichnet werden mögen. Die Deduktion ist identisch dieselbe, und man hat also nur in den für das centrale Strahlenbündel giltigen optischen Invarianten $\tau\varsigma R_u S_u$ durch pqR_pS_p zu ersetzen um die bezüglichen Formeln zu finden.

Da hierdurch die Grössen bekannt sind, welche die zur Ermittelung der Gesetze zweiter Ordnung der optischen Projection notwendige zweimalige Differentiation der Normalengleichungen ermöglichen, so erübrigt es nur, die Öffnungswinkel einzuführen. Um aber die Zahl der benutzten Bezeichnungen nicht unnötigerweise zu vermehren, sollen die Gesetze am centralen Objektstrahlenbündel ermittelt werden, was um so vorteilhafter ist, da auf diese Weise die Öffnungswinkel im Hauptstrahlenbündel gar nicht eingeführt zu werden brauchen. Die auf diese Weise untersuchte Projection giebt also den Schatten, der von einer undurchsichtigen Linie geworfen wird, wenn der centrale Objektpunkt als selbstleuchtend angesehen wird.

Zunächst seien für *die lineare Projection* die Gleichungen der zu projicirenden, doppelt gekrümmten Linie im Coordinatensystem $q = \alpha = \beta = 0$ in die Formen $\eta_1 = f(\xi_1)$ $\zeta_1 = F(\xi_1)$ gebracht, und es seien $x_1\, y_1\, z_1$ Coordinaten auf der durch den Schnittpunkt der Linie mit dem centralen Strahle gelegten Wellenfläche. Ist nun die Wellenfläche im Incidenzpunkte an der brechenden Fläche durch die Grössen $\tau\varsigma R_u S_u$ definirt, und ist d der längs dem centralen Strahle gemessene Abstand der brechenden Fläche, so ist die im Schnittpunkte des centralen Strahles mit der zu projicirenden Linie gelegten Wellenfläche durch die Grössen $\tau + d\ \varsigma + d\ R_u S_u$ bestimmt. Die allgemeinen Normalengleichungen

$$\xi - x + \frac{\partial z}{\partial x}(\zeta - z) = 0 \qquad \eta - y + \frac{\partial z}{\partial y}(\zeta - z) = 0$$

geben im Coordinatensystem $q = \alpha = \beta = 0$ und wenn der Anfangspunkt an die eben untersuchte Wellenfläche verlegt wird, nach zweimaliger Differentiation

$$d\xi = (1-\zeta R)dx \qquad d\eta = (1-\zeta T)dy$$

$$d^2\xi = (1-\zeta R)d^2x - \zeta\left(\frac{\partial^3 z}{\partial x^3}dx^2 + \frac{\partial^3 z}{\partial x \partial y^2}dy^2\right) - 2Rdxd\zeta$$

$$d^2\eta = (1-\zeta T)d^2y - 2\zeta\frac{\partial^3 z}{\partial x \partial y^2}dxdy - 2Tdyd\zeta\,,$$

wobei $\xi\eta\zeta$ laufende Coordinaten der Normale, $x\,y\,z$ Coordinaten an der Fläche sind. Für die an der zu projicirenden Linie errichtete Wellenfläche hat man in diesen Gleichungen $x\,y\,z\,R\,T\,\frac{\partial^3 z}{\partial x^3}\,\frac{\partial^3 z}{\partial x \partial y^2}$ durch $x_1\,y_1\,z_1\,\frac{1}{\tau+d}\,\frac{1}{\varsigma+d}\,\frac{R_u}{(\tau+d)^3}\,\frac{S_u}{(\tau+d)(\varsigma+d)^2}$ zu ersetzen, wonach die Schnittlinie der die Projection vermittelnden Strahlenfläche erhalten wird, indem man $\zeta = 0$ setzt. Es ergiebt sich, da ξ_1 unabhängige Variabele ist:

$$dx_1 = d\xi_1 \qquad dy_1 = \frac{d\eta_1}{d\xi_1}d\xi_1$$

$$d^2x_1 = \frac{2}{\tau+d}\frac{d\zeta_1}{d\xi_1}d\xi_1^2 \qquad d^2y_1 = \left(\frac{d^2\eta_1}{d\xi_1^2} + \frac{2}{\varsigma+d}\frac{d\eta_1}{d\xi_1}\frac{d\zeta_1}{d\xi_1}\right)d\xi_1^2$$

Für die Schnittlinie der Strahlenfläche mit der durch den Incidenzpunkt gelegten Wellenfläche erhält man

$$d\xi = \frac{\tau}{\tau+d}d\xi_1 \qquad d\eta = \frac{\varsigma}{\varsigma+d}\frac{d\eta_1}{d\xi_1}d\xi_1$$

$$d^2\xi = \left\{\frac{\tau}{\tau+d}\frac{d^2x_1}{d\xi_1^2} - \frac{dR_u}{(\tau+d)^3} - \frac{dS_u}{(\tau+d)(\varsigma+d)^2}\left(\frac{d\eta_1}{d\xi_1}\right)^2\right\}d\xi_1^2$$

$$d^2\eta = \left\{\frac{\varsigma}{\varsigma+d}\frac{d^2y_1}{d\xi_1^2} - \frac{2dS_u}{(\tau+d)(\varsigma+d)^2}\frac{d\eta_1}{d\xi_1}\right\}d\xi_1^2$$

Für die Brechung hat man die Differentialinvarianten zweiter Ordnung zu benützen, die am einfachsten im Coordinatensystem $p = q = \beta = 0$ ermittelt werden. Es ergiebt sich durch zweimalige Differentiation der Gleichungen $x_0 - x = \varkappa\alpha$, $y_0 - y = \varkappa\beta$, wobei $x_0\,y_0$ nicht wie oben als unabhängige Variabelen behandelt werden sollen:

$$\gamma^2 dx_0 = dx \qquad dy_0 = dy \qquad d^2y_0 = d^2y + 2\alpha\frac{\partial\beta}{\partial y_0}\frac{dx}{\gamma^2}dy$$

$$\gamma^2 d^2x_0 = d^2x + \alpha\left(\frac{\partial^2\varkappa}{\partial x_0^2} + 2\frac{\partial\alpha}{\partial x_0}\right)\frac{dx^2}{\gamma^4} + \alpha\frac{\partial^2\varkappa}{\partial y_0^2}dy^2\,.$$

Den Übergang von diesem Coordinatensystem, in welchem mithin der Schnittpunkt eines Strahles mit der durch den Incidenzpunkt gelegten Wellenfläche die Coordinaten $x\,y\,z$ hat, zum Coordinatensystem $q = \alpha = \beta = 0$, in welchem derselbe Punkt durch die Coordinaten $\xi\,\eta\,\zeta$ bestimmt ist, wird durch zweimalige Differentiation der Transformationsgleichung $x = \xi\cos i + \zeta\sin i$ bewerkstelligt, wobei für einen auf der Wellenfläche belegenen Punkt $d^2\zeta = \frac{d\xi^2}{\tau} + \frac{d\eta^2}{\varsigma}$ zu setzen ist. Die beiden *Differential-*

invarianten zweiter Ordnung $\Delta d^2 x_0 = 0$ $\Delta d^2 y_0 = 0$ nehmen somit nach Einsetzen der bekannten Werte von $\frac{\partial^2 \varkappa}{\partial x_0^2} \frac{\partial^2 \varkappa}{\partial y_0^2} \frac{\partial \alpha}{\partial x_0} \frac{\partial \beta}{\partial y_0}$ und unter Benutzung der Gleichungen

$$dx = d\xi \cos i \qquad d^2 x = d^2 \xi \cos i + \sin i \left(\frac{d\xi^2}{\tau} + \frac{d\eta^2}{\varsigma} \right) \qquad dy = d\eta \qquad d^2 y = d^2 \eta$$

im Coordinatensystem $q = \alpha = \beta = 0$ die Form

$$\Delta \left\{ \frac{d^2 \xi}{\cos i} - \frac{d\xi^2 \sin i}{\cos^4 i} \left(\frac{2\cos^2 i}{\tau} - \frac{\cos i}{\rho_I} \right) + \frac{d\eta^2 \operatorname{tg} i}{\rho_{II}} \right\} = 0$$

$$\Delta \left(d^2 \eta - \frac{2 \operatorname{tg} i}{\varsigma} d\xi d\eta \right) = 0$$

an, und man erhält somit die Differentialquotienten erster und zweiter Ordnung der Coordinaten $\xi' \eta' \zeta'$ an der Schnittlinie der Strahlenfläche mit der Wellenfläche des gebrochenen Strahlenbündels nach der unabhängigen Variabele ξ_I an der zu projicirenden Linie. Es kommen nun die Normalengleichungen für den Übergang auf die durch den Incidenzpunkt an der zweiten brechenden Fläche gelegte Wellenfläche zur Verwendung, und auf diese Weise wird fortgefahren, bis man in das Medium gelangt, wo die Projection erfolgen soll, wonach durch Elimination zwischen den in diesem Medium angewendeten Normalengleichungen und der Gleichung $\zeta_I' = f(\xi_I' \eta_{II}')$ der Fläche, auf welche die Linie projicirt wird, die Differentialquotienten erster und zweiter Ordnung von $\xi_I' \eta_{II}' \zeta_I'$ nach ξ_I bekannt sind. Mit gewöhnlichen analytischen Mitteln erhält man aus diesen Differentialquotienten die osculirende Ebene und die Krümmung der projicirten Linie, sowie auch, wenn ss' die Bogenlängen an der zu projicirenden bezw. an der projicirten Linie sind, die Differentialquotienten $\frac{ds'}{ds} \frac{d^2 s'}{ds^2}$, von welchen ersterer die durch die Projection erzielte lineare Vergrösserung, letzterer den Assymmetrienwert dieser Vergrösserung darstellt. Wenn sowohl die zu projicirende als die projicirte Linie auf Ebenen verlaufen, welche senkrecht auf dem betreffenden centralen Strahle stehen, wobei $\frac{ds'}{ds}$ den linearen Projectionscoefficienten darstellt, so sei $\frac{d^2 s'}{ds^2}$ der *Asymmetrienwert des linearen Projectionscoefficienten* genannt.

Für den Fall, dass die zu projicirende Linie oder die Fläche auf welche die Projection erfolgen soll, unendlich weit entfernt ist, müssen die Öffnungswinkel uv angewendet werden. Zufolge der Definition ist $\operatorname{tg} u = \frac{\partial \zeta}{\partial \xi}$, $\operatorname{tg} v = \frac{\partial \zeta}{\partial \eta}$, und man hat somit:

$$du = \frac{d\xi}{\tau} \qquad dv = \frac{d\eta}{\varsigma} \qquad d^2 u = \frac{R_u}{\tau^3} d\xi^2 + \frac{S_u}{\tau \varsigma^2} d\eta^2 + \frac{d^2 \xi}{\tau} \qquad d^2 v = \frac{2 S_u}{\tau \varsigma^2} d\xi d\eta + \frac{d^2 \eta}{\varsigma}$$

Die Umkehrung der Funktionen ergiebt:

$$d^2 \xi = \tau d^2 u - R_u du^2 - S_u dv^2 \qquad d^2 \eta = \varsigma d^2 v - 2 S_u du dv$$

Erstere Gleichungen sind, wenn die Projection in die Ferne erfolgen soll, im letzten Medium, letztere, wenn die zu projicirende Linie unendlich weit entfernt ist, im ersten Medium anzuwenden. An der Stelle des linearen Projectionscoefficienten und dessen Asymmetrienwertes treten dann Grössen, welche im physikalischen Sinne eine Dimension haben.

Die allgemeinen Differentialinvarianten zweiter Ordnung versagen ihren Dienst, wenn einer der Fokalpunkte auf die brechende Fläche fällt. Für diese *singulären Fälle* erhält man die betreffenden Ersatzgleichungen auf folgende Weise. Zunächst sind in den allgemeinen Differentialinvarianten $\xi\eta$ unter Anwendung der eben angegebenen Formeln durch uv zu ersetzen:

$$\Delta\frac{1}{\cos i}\left\{\tau d^2u-\left(R_u+2\tau\,\mathrm{tg}\,i-\frac{\tau^2\,\mathrm{tg}\,i}{\rho_I\cos i}\right)du^2-\left(S_u-\frac{\varsigma^2\sin i}{\rho_{II}}\right)dv^2\right\}=0$$

$$\Delta\{\varsigma d^2v-2(S_u+\tau\,\mathrm{tg}\,i)du\,dv\}=0\,.$$

Letztere Gleichung ist für $\tau=0$ unmittelbar anzuwenden. Erstere wird, mit der Invariante

$$\Delta\mu\cos i\left(\frac{\cos i}{\tau}-\frac{1}{\rho_I}\right)=0$$

multiplicirt, in der Form

$$\Delta\mu\left(1-\frac{\tau}{\rho_I\cos i}\right)\left\{\cos i\,d^2u-\left(\frac{R_u\cos i}{\tau}+2\sin i-\frac{\tau\,\mathrm{tg}\,i}{\rho_I}\right)du^2-\left(\frac{S_u\cos i}{\tau}-\frac{\varsigma^2\sin i\cos i}{\tau\rho_{II}}\right)dv^2\right\}=0$$

mit den Invarianten

$$\Delta\mu\left\{\frac{R_u\cos i}{\tau}+3\sin i-\frac{3\tau\,\mathrm{tg}\,i}{\rho_I}-\frac{\tau^2U}{\cos i}\right\}du^2=0$$

$$\Delta\mu\left\{\frac{S_u\cos i}{\tau}+\sin i-\frac{\varsigma^2\sin i\cos i}{\tau\rho_{II}}-\varsigma^2W\cos i\right\}dv^2=0$$

summirt, welche durch Multiplikation der Invarianten der Asymmetrienwerte mit den sowohl im allgemeinen Falle wie bei $\tau=0$ giltigen optischen Invarianten $\Delta\frac{\tau^2du^2}{\cos^2 i}=0$ $\Delta\varsigma^2dv^2=0$ erhalten sind. Es resultirt eine allgemeingiltige Gleichung, wo τ nicht mehr in einem Nenner vorkommt, und welche für $\tau=0$ die gesuchte Differentialinvariante

$$\Delta\mu\left\{\cos i\,d^2u+\left(\frac{R_u}{\rho_I}+\sin i\right)du^2+\left(\frac{S_u}{\rho_I}+\sin i-\frac{\varsigma^2\sin i}{\rho_I\rho_{II}}-\varsigma^2W\cos i\right)dv^2\right\}=0$$

darstellt. Dieselbe kann durch Summirung mit den beiden für den fraglichen Fall giltigen Gleichungen

$$\Delta\mu\left(\frac{\cos i}{p}-\frac{1}{\rho_I}\right)R_u\,du^2=0\qquad\Delta\mu\left(\frac{\cos i}{p}-\frac{1}{\rho_I}\right)\left(S_u-\frac{\varsigma^2\sin i}{\rho_{II}}\right)dv^2=0$$

in eine Form gebracht werden, welche auch aus einer weiter unten gegebenen Deduktion hervorgeht.

Auf ähnliche Weise erhält man für $\varsigma = 0$:

$$\Delta\mu\left(1-\frac{\varsigma\cos i}{\rho_{II}}\right)\left\{d^2v-2\left(\frac{S_u}{\varsigma}+\frac{\tau\,\mathrm{tg}\,i}{\varsigma}\right)dudv\right\}=0$$

und durch Addition der Gleichung

$$\Delta 2\mu\left\{\frac{S_u}{\varsigma}+\frac{\tau\,\mathrm{tg}\,i}{\varsigma}-\frac{\varsigma\sin i}{\rho_{II}}-\tau\varsigma W\right\}dudv=0$$

eine allgemeingiltige Gleichung, in welcher ς nicht mehr in einem Nenner vorkommt, und welche für $\varsigma = 0$ die Differentialinvariante

$$\Delta\mu\left\{d^2v+\frac{2\cos i}{\rho_{II}}(S_u+\tau\,\mathrm{tg}\,i)dudv\right\}=0$$

ergiebt, die durch Addition der für diesen Fall giltigen Gleichung

$$\Delta 2\mu\left(\frac{1}{q}-\frac{\cos i}{\rho_{II}}\right)(S_u+\tau\,\mathrm{tg}\,i)dudv=0$$

ähnlich transformirt werden kann.

Im Falle $\tau=\varsigma=0$ hat man nur diese Bedingung in den beiden für die Fälle $\tau=0$ bezw. $\varsigma=0$ hier deducirten Differentialinvarianten einzuführen.

Hiermit sind also für jeden Fall die Gesetze zweiter Ordnung der linearen Projection gegeben.

Die weiteren Gesetze der Projection sollen in Zusammenhang mit der Abbildung untersucht werden.

Die Abbildung. Die übrigen Gesetze zweiter Ordnung können entweder durch Variation der Fundamentalgleichung oder unter Anwendung der Gesetze der optischen Projection auf die Fokalebenen ermittelt werden. Um die immerhin etwas umständliche Deduktion der Ableitungen zweiter Ordnung von Fokalcoordinaten und fokalen Öffnungswinkeln zu vermeiden, soll hier der erstgenannte Weg befolgt werden. Zwar würde man, wenn es sich nur um die theoretische Abbildung handelte, unter Befolgung des anderen Weges der Gesetze zweiter Ordnung der Projection entbehren können, aber da bei der reellen optischen Abbildung die Fläche, auf welcher das Bild aufgefangen wird, im allgemeinen nicht mit der Bildfläche zusammenfällt, und da mithin diese Gesetze unter allen Umständen bekannt sein müssen, so würde dem Nachteile der komplicirteren Deduktion kein Vorteil gegenüberstehen, wozu noch kommt, dass im einen wie im anderen Falle die Asymmetrienwerte im Hauptstrahlenbündel nur im Bildraume bekannt sein müssen, im Objektraume aber keine Verwendung finden.

Die Frage, unter welcher Bedingung eine Abbildung von Linien unter vollständiger Strahlenvereinigung höherer Ordnung als der ersten stattfinden könne, lässt

sich mit den Normalengleichungen beantworten. Da es sich nur um eine in der Symmetrieebene verlaufende Linie handeln könnte, ist die Bedingung offenbar die, dass in den oben deducirten Gleichungen

$$d\eta = \left(1 - \frac{\zeta}{\varsigma}\right) dy \qquad d^2\eta = \left(1 - \frac{\zeta}{\varsigma}\right) d^2y - 2\zeta \frac{S_u}{\tau\varsigma^2} dx\,dy - \frac{2}{\varsigma} d\zeta\, dy$$

gleichzeitig

$$d\eta = d^2\eta = 0 \qquad d\zeta = -\operatorname{tg}\varphi_{II} d\xi = -\operatorname{tg}\varphi_{II}\left(1 - \frac{\varsigma}{\tau}\right) dx$$

gesetzt werden kann, woraus

$$S_u = (\tau - \varsigma)\operatorname{tg}\varphi_{II}$$

resultirt. Da nun transversaler Asymmetrienwert und Neigung der zweiten Bildfläche durch verschiedene Funktionen bestimmt werden, so leuchtet es ohne weiteres ein, dass eine *Abbildung unter vollständiger Strahlenvereinigung höherer Ordnung als der ersten* einen singulären Fall darstellt, der im allgemeinen nur in einem singulären Punkte der betreffenden Linie realisirt werden kann.

Die Gesetze zweiter Ordnung beziehen sich somit auf die Abbildung unter vollständiger Strahlenvereinigung erster Ordnung.

Wenn allgemein im Coordinatensystem $q = \alpha = \beta = 0$ die Coordinaten auf der ersten bezw. zweiten Fokalebene des centralen Strahles mit $\xi_I \eta_I \xi_{II} \eta_{III}$ bezeichnet werden, so nehmen die Gesetze erster Ordnung im Falle einer Symmetrieebene die Form

$$\Delta \frac{p \cos i\, \delta\xi_I}{\tau} = 0 \qquad \Delta \frac{p\, \delta\eta_{II}}{\varsigma} = 0$$

oder bei $\tau = 0$ bezw. $\varsigma = 0$

$$\Delta \frac{\delta\xi_I}{\cos i} = 0 \qquad \Delta\, \delta\eta_{II} = 0$$

an, und man erhält unter Anwendung dieser Gleichungen die Vergrösserungscoefficienten $K_1 K_2$, von welchen der erste auch der tangentiale, der zweite auch der sagittale genannt sein mag. Die Normalengleichungen ergeben im Hauptstrahlenbündel:

$$\delta^2\xi_I = \left(1 - \frac{\tau}{p}\right)\delta^2\xi \qquad \tau\left(\frac{R_p}{p^3}\,\delta\xi^2 + \frac{S_p}{pq^2}\,\delta\eta^2\right)$$

$$\delta^2\eta_{II} = \left(1 - \frac{\varsigma}{q}\right)\delta^2\eta - \frac{2\varsigma}{pq^2} S_p\, \delta\xi\, \delta\eta$$

Die Differentialinvarianten zweiter Ordnung sind, auf einen Hauptstrahl angewendet,

$$\Delta\left\{\frac{\delta^2\xi}{\cos i} - \left(\frac{2\sin i}{p\cos^2 i} - \frac{\sin i}{p_I \cos^3 i}\right)\delta\xi^2 + \frac{\operatorname{tg} i}{\rho_{II}}\,\delta\eta^2\right\} = 0$$

$$\Delta\left(\delta^2\eta - \frac{2\operatorname{tg} i}{q}\,\delta\xi\delta\eta\right) = 0$$

Wird die erste bezw. zweite dieser Gleichungen mit den optischen Invarianten

$$\Delta\mu \cos^2 i \left(\frac{1}{\tau} - \frac{1}{p}\right) = 0 \qquad \Delta\mu \left(\frac{1}{\varsigma} - \frac{1}{q}\right) = 0$$

multiplicirt, und werden dann $\delta^2\xi\,\delta^2\eta$ durch $\delta^2\xi_{,}\,\delta^2\eta_{,,}$ ersetzt, so erhält man:

$$\Delta\mu \cos i \left\{\frac{\delta^2\xi_{,}}{\tau} + \left[\frac{R_p}{p^3} + \left(\frac{\sin i}{\rho_{,} \cos^2 i} - \frac{2 \operatorname{tg} i}{p}\right)\left(\frac{1}{\tau} - \frac{1}{p}\right)\right]\delta\xi^2 + \left[\frac{S_p}{pq^2} + \frac{\sin i}{\rho_{,,}}\left(\frac{1}{\tau} - \frac{1}{p}\right)\right]\delta\eta^2\right\} = 0$$

$$\Delta\mu \left\{\frac{\delta^2\eta_{,,}}{\varsigma} + 2\left[\frac{S_p}{pq^2} - \frac{\operatorname{tg} i}{q}\left(\frac{1}{\varsigma} - \frac{1}{q}\right)\right]\delta\xi\,\delta\eta\right\} = 0$$

Von ersterer Gleichung wird die Summe der beiden durch Multiplikation der optischen Invarianten der Asymmetrienwerte im Hauptstrahlenbündel mit den Differentialinvarianten erster Ordnung erhaltenen Gleichungen

$$\Delta\mu \cos i \left(\frac{R_p}{p^3} + \frac{3 \operatorname{tg} i}{p^2} - \frac{3 \sin i}{p\rho_{,} \cos^2 i} - \frac{U}{\cos^2 i}\right)\delta\xi^2 = 0$$

$$\Delta\mu \cos i \left(\frac{S_p}{pq^2} + \frac{\operatorname{tg} i}{q^2} - \frac{\sin i}{p\rho_{,,}} - W\right)\delta\eta^2 = 0,$$

von letzterer die mit der optischen Invariante $\Delta\dfrac{\delta\xi}{\cos i\,\delta\eta} = 0$ und mit 2 multiplicirte letztangeführte Gleichung subtrahirt, wonach, wenn $\delta\xi\,\delta\eta$ durch $\delta\xi_{,}\,\delta\eta_{,,}$ ersetzt werden, die beiden Gleichungen

$$\Delta\mu \cos i \left\{\frac{\delta^2\xi_{,}}{\tau} + \left[\frac{2 \sin i}{p \cos^3 i}\left(\frac{\cos i}{\rho_{,}} - \frac{\cos^2 i}{\tau}\right) + \frac{\sin i}{\tau\rho_{,} \cos^2 i} - \frac{\operatorname{tg} i}{p^2} + \frac{U}{\cos^2 i}\right]\frac{p^2}{(p-\tau)^2}\delta\xi_{,}^2 + \right.$$
$$\left. + \left(\frac{\sin i}{\tau\rho_{,,}} - \frac{\operatorname{tg} i}{q^2} + W\right)\frac{q^2}{(q-\varsigma)^2}\delta\eta_{,,}^2\right\} = 0$$

$$\Delta\mu \left\{\frac{\delta^2\eta_{,,}}{\varsigma} + 2\left[\frac{\sin i}{p\rho_{,,}} - \frac{\operatorname{tg} i}{q\varsigma} + W\right]\frac{pq}{(p-\tau)(q-\varsigma)}\delta\xi_{,}\,\delta\eta_{,,}\right\} = 0$$

erhalten werden.

Führt man in diesen Gleichungen die Öffnungswinkel ein, so erhält man für $p = 0$ bezw. $q = 0$ Formeln, welche mit den oben für diese singulären Fälle im Objektstrahlenbündel deducirten übereinstimmen.

Da die Coordinaten auf den Fokalebenen des in der $n$ten Fläche gebrochenen Strahlenbündels unverändert Coordinaten auf denselben Ebenen des in der $n+1$ten Fläche einfallenden Strahlenbündels sind, so hat man nur diese Gleichungen für jede brechende Fläche anzuwenden, wobei immerfort $\delta\xi_{,}\,\delta\eta_{,,}$ mittels der bezüglichen Vergrösserungscoefficienten durch die Differentiale $\delta\xi\,\delta\eta$ der Coordinaten auf der im centralen Objektpunkte senkrecht zum centralen Strahle gelegten Ebene ersetzt werden. Die singulären Fälle, wo einer der Fokalpunkte des Hauptstrahlenbündels auf die brechende Fläche fällt, gestatten die Anwendung derselben Formeln, da hierbei keine unendlich grosse Quantitäten auftreten. Für die Fälle, wo $\tau = 0$ bezw. $\varsigma = 0$ ist, hat man nur die betreffende Gleichung mit der bezüglichen optischen In-

variante $\Delta\frac{\tau}{\mu\cos^2 i}=0$ oder $\Delta\frac{\varsigma}{\mu}=0$ zu multipliciren, wobei die betreffende Differentialinvariante zweiter Ordnung wieder erhalten wird.

Sind $\xi_0\eta_0\zeta_0$ Coordinaten auf der Tangentialebene der Objektfläche im Schnittpunkte derselben mit dem centralen Strahle, und ist ferner φ_0 der Neigungswinkel dieser Ebene, welcher nach demselben Principe wie die Neigungswinkel der Bildflächen positiv gerechnet werden mag, so erhält man durch Anwenden der Normalengleichungen auf die hier verlegte Wellenfläche des Hauptstrahlenbündels:

$$\delta^2\xi_0=\delta^2\xi-2\delta\zeta_0\frac{\delta\xi}{p+d}\qquad \delta^2\eta_0=\delta^2\eta-2\delta\zeta_0\frac{\delta\eta}{q+d},$$

wo d bei reellem Objekte der Abstand der ersten brechenden Fläche ist. Die Gleichungen sind in der Form

$$\delta^2\xi=\delta^2\xi_0-\frac{2\operatorname{tg}\varphi_0}{p+d}\delta\xi_0^2\qquad \delta^2\eta=\delta^2\eta_0-\frac{2\operatorname{tg}\varphi_0}{q+d}\delta\xi_0\delta\eta_0$$

zu benutzen. Auf dieselbe Weise findet man für die beiden Bildflächen, wenn $\xi_u\eta_v$ Coordinaten auf der u- bezw. v-Fläche sind, und $p'q'\ldots$ die bezüglichen im Bildraume geltenden Werte bezeichnen:

$$\delta^2\xi_u=\delta^2\xi_{u'}+\frac{2\operatorname{tg}\varphi_{u'}}{p'-\tau'}\delta\xi_{u'}^2\qquad \delta^2\eta_v=\delta^2\eta_{v'}+\frac{2\operatorname{tg}\varphi_{v'}}{q'-\varsigma'}\frac{p'-\varsigma'}{p'-\tau'}\delta\xi_{v'}\delta\eta_{v'}.$$

Die Durchrechnung ergiebt somit ein Resultat von der Form

$$\delta\xi_u=K_1\delta\xi_0\qquad \delta\eta_v=K_2\delta\eta_0$$

$$\delta^2\xi_u=K_1\delta^2\xi_0+k_1\delta\xi_0^2+k_2\delta\eta_0^2\qquad \delta^2\eta_v=K_2\delta^2\eta_0+2k_3\delta\xi_0\delta\eta_0.$$

Es ist hier k_1 der Differentialquotient zweiter Ordnung derjenigen Funktion, durch welche der Abstand des Fokalpunktes von der, der u-Linie entsprechenden, durch den centralen Strahl gelegten Hauptstrahlenfläche als von dem Abstande des Objektpunktes von derselben Fläche abhängig dargestellt wird — der Funktion, in welcher laut der Definition des Vergrösserungscoefficienten der tangentiale Vergrösserungscoefficient den Differentialquotienten erster Ordnung darstellt.

Da ferner $l_1=\frac{\delta K_1}{\delta\xi_0}$ ist, so bezeichne ich diesen Wert als den *Asymmetrienwert des tangentialen Vergrösserungscoefficienten*. Ebenso wird $l_3=\frac{\delta K_2}{\delta\xi_0}$ der *Asymmetrienwert des sagittalen Vergrösserungscoefficienten* genannt. Sämmtliche drei Werte k beherrschen zusammen mit den das Hauptstrahlenbündel im Bildraume bestimmenden Grössen die Distorsion bei der optischen Projection auf der Objektfläche verlaufender Linien auf eine Fläche im Bildraume. Man hat dabei nur mit den Normalengleichungen auf eine Hauptstrahlenwellenfläche überzugehen um dann mit denselben Gleichungen die Werte für die projicirte Linie zu erhalten.

Die Werte $k_2 k_3$ geben auf folgende Weise die Krümmungen der durch den centralen Objektpunkt gehenden abbildbaren u-Linie und der orthogonalen Trajectorie der abbildbaren v-Linien. Um die Projection der u-Linie im Bildraume auf die Objektfläche zu erhalten, hat man

$$\delta\xi_u = 0 \qquad \delta^2\xi_u = \frac{\cos\varphi_I}{\rho_u}\delta\eta_I^2 = \frac{\cos\varphi_I}{\rho_u}\left(\frac{q'-\tau'}{q'-\varsigma'}\right)^2 K_2^2\,\delta\eta_0^2$$

zu setzen, woraus resultirt:

$$\delta^2\xi_0 = \left[\frac{K_2^2}{K_1}\frac{\cos\varphi_I}{\rho_u}\left(\frac{q'-\tau'}{q'-\varsigma'}\right)^2 - \frac{k_2}{K_1}\right]\delta\eta_0^2$$

und somit, wenn r_u den Krümmungsradius der durch den centralen Objektpunkt gehenden abbildbaren u-Linie bezeichnet, wobei $\frac{\delta^2\xi_0}{\delta\eta_0^2} = \frac{\cos\varphi_0}{r_u}$ ist:

$$k_2 = K_2^2\frac{\cos\varphi_I}{\rho_u}\left(\frac{q'-\tau'}{q'-\varsigma'}\right)^2 - K_I\frac{\cos\varphi_0}{r_u}.$$

Es sei im Bildraume

$$\eta_v = \eta_{III} + \xi_v\frac{\operatorname{tg}\omega}{\cos\varphi_{II}}$$

die Gleichung der Tangente einer v-Linie, welche mit der Symmetrieebene den Winkel ω bildet. Um von dem Schnittpunkte der Bildfläche mit dem centralen Strahle auf einen Punkt dieser naheliegenden Tangente überzugehen, hat man $\eta_v = \eta_{III} = \xi_v = \omega = 0$ zu setzen und dann zu differentiiren, wobei $\delta\omega = -\frac{\delta\eta_{III}}{\rho_v}$ ist. Da jedem Werte von η_{III} eine andere v-Linie entspricht, hat man die Bedingung $\delta\eta_{III} = \text{Const.}$, mithin $\delta^2\eta_{III} = 0$ einzuführen. Man erhält auf diese Weise durch zweimalige Differentiation:

$$\delta^2\eta_v - \frac{2}{\cos\varphi_{II}}\delta\xi_v\delta\omega = -\frac{2}{\rho_v\cos\varphi_{II}}\frac{p'-\varsigma'}{p'-\tau'}K_I K_2\,\delta\xi_0\delta\eta$$

und folglich

$$\delta^2\eta_0 = -2\left(\frac{K_1}{\rho_v\cos\varphi_{II}}\frac{p'-\varsigma'}{p'-\tau'} + \frac{k_3}{K_2}\right)\delta\xi_0\delta\eta = -\frac{2}{r_v\cos\varphi_0}\delta\xi_0\delta\eta,$$

wenn r_v der Krümmungsradius der orthogonalen Trajectorie der abbildbaren v-Linien ist, indem der Differentialquotient $\frac{\delta^2\eta_0}{\delta\xi_0\delta\eta}$ auf ähnliche Weise wie im Bildraume aus der Gleichung $\eta_0 = \eta + \xi_0\frac{\operatorname{tg}\omega}{\cos\varphi_0}$ einer v-Linie erhalten wird. Das Resultat ist also:

$$k_3 = \frac{K_2}{r_v\cos\varphi_0} - \frac{K_1 K_2}{\rho_v\cos\varphi_{II}}\frac{p'-\varsigma'}{p'-\tau'}.$$

Im Falle, wo das centrale Objektstrahlenbündel im Bildraume anastigmatisch ist, haben diese Gleichungen für $k_2 k_3$ die Form $k = \frac{1}{0} - \frac{1}{0}$, und man erhält nach Multiplikation mit $\frac{\rho_u r_u}{\cos\varphi_I\cos\varphi_0}$ bezw. $\rho_v r_v\cos\varphi_{II}\cos\varphi_0$ durch Differentiation

$$K_2^2 \frac{dr_u}{\cos\varphi_0} = K_1 \frac{d\rho_u}{\cos\varphi_I} \qquad K_1 \cos\varphi_0 dr_v = \cos\varphi_{II} d\rho_v$$

und, wenn die Bogenelemente der Schnittlinien der drei Flächen mit der Symmetrieebene mit $d\sigma_u\, d\sigma_v\, d\sigma_0$ bezeichnet werden, nach Division mit

$$K_1 \cos\varphi_0 d\sigma_0 = \cos\varphi_I d\sigma_u = \cos\varphi_{II} d\sigma_v$$

die Beziehungen

$$\frac{K_2^2}{K_1^2 \cos^2\varphi_0} \frac{dr_u}{d\sigma_0} = \frac{1}{\cos^2\varphi_I} \frac{d\rho_u}{d\sigma_u} = \frac{d\rho_v}{d\sigma_v} = \frac{dr_v}{d\sigma_0}$$

zwischen abbildbaren Linien und Bildlinien. Es ist hier $\frac{d\rho_u}{d\sigma_u}$ dieselbe Grösse, welche oben mit $\frac{\delta\rho_u}{\delta\sigma}$ bezeichnet wurde, und es ist $\frac{d\rho_v}{d\sigma_v}$ gleich dem oben mit $\frac{d\rho}{ds}$ bezeichneten Werte, da nämlich $d\rho = \cos\varphi_{II} d\rho_v$ $ds = \cos\varphi_{II} d\sigma_v$ ist. Man ersieht, dass das Vorzeichen der Grössen $\frac{d\rho_v}{ds_v}$ und $\frac{d\rho_v}{ds_v} + 1$ stets auf Objekt- und Bildflächen dasselbe ist, was auch a priori postulirt werden könnte, da sonst die Verlaufstypen von abbildbaren Linien und Bildlinien nicht für jeden Fall übereinstimmen würden.

Für die, einen endlichen Winkel mit der Symmetrieebene bildenden, durch den singulären Bildpunkt gehenden Bildlinien und die entsprechenden abbildbaren Linien hat man

$$\frac{\operatorname{tg}\omega_n}{\cos\varphi_n} = \frac{K_2}{K_1} \frac{\operatorname{tg}\omega_0}{\cos\varphi_0} = \pm \sqrt{1 + \frac{dr_v}{d\sigma_0}},$$

wo, wie oben, im linken Membrum der Index n sich auf die Bildfläche bezieht, auf welcher der betreffende Teil der Bildlinie verläuft, und ω_0 den Winkel bezeichnet, den die betreffende auf der Objektfläche verlaufende abbildbare Linie mit der Symmetrieebene bildet. Man findet, dass für den Verlaufstypus der abbildbaren Linien identisch dieselben Gesetze gelten wie für die Bildlinien, indem man nur $\frac{dr_v}{d\sigma_0}$ für $\frac{d\rho}{ds}$ zu setzen hat, doch unter Beachtung, dass die abbildbaren Linien beider Systeme auf einer und derselben Fläche verlaufen, und dass der Grenzwert des Winkels ω_0 für die Verlaufstypen mit ausbiegenden und umbiegenden abbildbaren Linien arc tg $\frac{K_1 \cos\varphi_0}{K_2}$ ist. Für einen Objektpunkt, dem ein anastigmatischer Bildpunkt entspricht, haben somit die Grössen k nur ihre Bedeutung für die Projection auf die Bildflächen.

Bei der Anwendung optischer Instrumente spielt die optische Projection eine grosse Rolle, weil die Fläche, auf welche das Bild benutzt wird, im allgemeinen nicht mit einer Bildfläche zusammenfällt. Und wenn das auch für einen Punkt der Fall ist, so ist das Objekt gewöhnlich keine Fläche, sondern räumlich ausgedehnt. In Instrumenten, wo die Einstellung nicht unafhörlich variirt wird, kommt daher ein wesentlicher Teil der Abbildung durch die optische Projection zu stande.

Unter Anwendung der Gesetze der Abbildung können die Formeln für die optische Projection einfacher gestaltet werden. Die ganze Procedur der Herleitung

der die abbildbaren Linien bestimmenden Grössen war nur eine Anwendung der Gesetze der optischen Projection auf Liniensysteme und kann unverändert auf beliebige solche angewendet werden. Da nun die Distorsion bei der reellen, teilweise durch optische Projection zu stande kommenden Abbildung durch die Verzerrung eines Liniennetzes am deutlichsten zu Tage tritt, so ist es die nächste Aufgabe einer analytischen Untersuchung der Distorsion die Gesetze zu ermitteln, welche die optische Projection von Liniensystemen beherrschen. Der besseren Anwendbarkeit wegen müssen die zu deducirenden Formeln so weit möglich nur Grössen enthalten, welche ohnehin bei der Durchrechnung ermittelt werden müssen.

Zu diesem Zwecke seien zunächst folgende Bezeichnungen eingeführt. Wenn nach der Brechung in der $n$ten Fläche $\xi_I\, \eta_{II}$ Coordinaten auf den beiden Fokalebenen des centralen Objektstrahlenbündels sind, und $\xi\eta$ die Coordinaten auf der im centralen Objektpunkte senkrecht zum centralen Strahle gelegten Ebene bezeichnen, so sei

$$\frac{d\xi_I}{d\xi} = K'_{1_n} = K_{1_{n+1}} \qquad \frac{d\eta_{II}}{d\eta} = K'_{2_n} = K_{2_{n+1}}$$

$$\frac{\partial^2 \xi_I}{\partial \xi^2} = c'_{1_n} = c_{1_{n+1}} \qquad \frac{\partial^2 \xi_I}{\partial \eta^2} = c'_{2_n} = c_{2_{n+1}} \qquad \frac{\partial^2 \eta_{II}}{\delta \xi\, \partial \eta} = c'_{3_n} = c_{3_{n+1}}$$

gesetzt, während, wie oben, die Vergrösserungscoefficienten für das ganze System einfach mit $K_1 K_2$ bezeichnet werden. Im Objektraume ist demnach $K_{1_1} = K_{2_1} = 1$ $c_{1_1} = c_{2_1} = c_{3_1} = 0$ zu setzen.

Die Differentialinvarianten erster Ordnung können dann

$$\Delta \frac{\mu \cos i K_1}{\tau} = 0 \qquad \Delta \frac{\mu K_2}{\varsigma} = 0$$

geschrieben werden, wobei zu beachten ist, dass diese Gleichungen auch für $\tau = 0$ bezw. $\varsigma = 0$ ihre Giltigkeit beibehalten. Die erste der S. 68 deducirten Gleichungen ergiebt für $d\eta = 0$ nach Multiplikation mit der optischen Invariante $\Delta \frac{\tau}{\mu \cos i K_1 d\xi^2} = 0$

$$\Delta \left\{ \frac{c_1}{K_1} + \frac{K_1 \tau p^2}{(p-\tau)^2} \left[\frac{2 \sin i}{p \cos^3 i} \left(\frac{\cos i}{\rho_I} - \frac{\cos^2 i}{\tau} \right) + \frac{\sin i}{\tau \rho_I \cos^2 i} - \frac{\operatorname{tg} i}{p^2} + \frac{U}{\cos^2 i} \right] \right\} = 0$$

und für $d\xi = 0$ nach Multiplikation mit $\Delta \frac{\tau}{\mu \cos i K_1 d\eta^2}$

$$\Delta \left\{ \frac{c_2}{K_1} + \frac{K_2^2 \tau q^2}{K_1 (q-\varsigma)^2} \left(\frac{\sin i}{\tau \rho_{II}} - \frac{\operatorname{tg} i}{q^2} + W \right) \right\} = 0,$$

während aus der zweiten nach Multiplikation mit $\Delta \frac{\varsigma}{\mu K_2 d\xi d\eta} = 0$

$$\Delta \left\{ \frac{c_3}{K_2} + \frac{K_1 \varsigma p q}{(p-\tau)(q-\varsigma)} \left(\frac{\sin i}{p \rho_{II}} - \frac{\operatorname{tg} i}{\varsigma q} + W \right) \right\} = 0$$

resultirt. Diese Formeln, in welchen bei reellen Objekte im Abstande d von der ersten brechenden Fläche für die erste Brechung $\tau = \varsigma = -d$ zu setzen ist, eignen

sich vorzüglich für Summirung und behalten ihre Giltigkeit in allen singulären Fällen bei, da unendlich grosse Werte nicht vorkommen können.

Soll die Projection im letzten Medium auf eine Fläche erfolgen, welche längs dem centralen Strahle den Abstand a' von der letzten brechenden Fläche hat, und deren Tangentialebene senkrecht auf der Symmetricebene steht und mit der senkrecht auf dem centralen Strahle gelegten Ebene den nach angegebenem Principe positiv zu rechnenden Winkel φ'_a bildet, so hat man, wenn $\xi'_a \eta'_a \zeta'_a$ Coordinaten auf dieser Tangentialebene sind und $\tau' p' F'_p \ldots$ die bezüglichen im Bildraume giltigen Werte bezeichnen, auf folgende Weise die Normalengleichungen der Hauptstrahlenwellenfläche zu benutzen. In der ersten Fokalebene ist diese Fläche durch die Differentialquotienten

$$\frac{1}{p'-\tau'} \quad \frac{1}{q'-\tau'} \quad \frac{R'_p}{(p'-\tau')^3} \quad \frac{S'_p}{(p'-\tau')(q'-\tau')^2}$$

bestimmt, und für die in der zweiten Fokalebene errichtete Wellenfläche erhält man die bezüglichen Werte, wenn τ' gegen ς' vertauscht wird. Der Abstand der Fläche, auf welche die Projection erfolgen soll ist $a'-\tau'$ bezw. $a'-\varsigma'$. Die Normalengleichungen ergeben:

$$d\xi'_a = \frac{p'-a'}{p'-\tau'} d\xi_I \qquad d\eta'_a = \frac{q'-a'}{q'-\varsigma'} d\eta_{II}$$

$$d^2\xi'_a = \frac{p'-a'}{p'-\tau'} d^2\xi_I + \left(2\operatorname{tg}\varphi'_a \frac{p'-a'}{(p'-\tau')^2} - \frac{R'_p(a'-\tau')}{(p'-\tau')^3}\right) d\xi_I^2 - \frac{S'_p(a'-\tau')}{(p'-\tau')(q'-\varsigma')^2} d\eta_{II}^2$$

$$d^2\eta'_a = \frac{q'-a'}{q'-\varsigma'} d^2\eta_{II} + 2\left(\operatorname{tg}\varphi'_a \frac{p'-a'}{(p'-\tau')(q'-\varsigma')} - \frac{S'_p(a'-\varsigma')}{(p'-\tau')(q'-\varsigma')^2}\right) d\xi_I d\eta_{II}.$$

Dieselben Gleichungen werden im Objektraume angewendet, um den Übergang auf die Fläche zu vermitteln, auf welcher die zu projicirenden Liniensysteme verlaufen, und auf welcher die Coordinaten mit $\xi_a \eta_a$ bezeichnet werden. Bei einer auf reellem Objekte belegenen Fläche sei der Abstand der ersten brechenden Fläche a und es sei der Winkel, den die auf der Symmetrieebene senkrecht stehende Tangentialebene der Fläche mit der senkrecht zum centralen Strahle durch den Schnittpunkt der Fläche mit demselben gelegten Ebene bildet, mit φ_a bezeichnet und nach früher angegebenem Principe positiv gerechnet. Die das Hauptstrahlenbündel im Objektraume bestimmenden Grössen seien ohne Flächenindex durch $pR_p \ldots$ dargestellt. Ebenso werden die im Bildraume geltenden Grössen c ohne Flächenindex $c'_1 c'_2 c'_3$ geschrieben. Werden dann noch folgende Bezeichnungen eingeführt

$$\frac{d\xi'_a}{d\xi_a} = C_1 \qquad \frac{d\eta'_a}{d\eta_a} = C_2 \qquad \frac{\partial^2\xi'_a}{\partial\xi_a^2} = c_1 \qquad \frac{\partial^2\xi'_a}{\partial\eta_a^2} = c_2 \qquad \frac{\partial^2\eta'_a}{\partial\xi_a\partial\eta_a} = c_3,$$

so erhält man nach umständlicher aber leichter Rechnung

$$C_1 = \frac{(p'-a')(p+d)}{(p'-\tau')(p+a)} K_1 \qquad C_2 = \frac{(q'-a')(q+d)}{(q'-\varsigma')(q+a)} K_2$$

$$c_1 = \frac{p+d}{p+a} C_1 \left\{ \frac{c'_1}{K_1} + K_1 \left(\frac{2 \operatorname{tg} \varphi'_a}{p' - \tau'} - \frac{R'_p (a' - \tau')}{(p' - a')(p' - \tau')^2} \right) - \left(\frac{2 \operatorname{tg} \varphi_a}{p+d} - \frac{R_p (d-a)}{(p+a)(p+d)^2} \right) \right\}$$

$$c_2 = \frac{(q+d)^2 (p+a)}{(q+a)^2 (p+d)} C_1 \left\{ \frac{c'_2}{K_1} - \frac{K_2^2}{K_1} \cdot \frac{S'_p (a' - \tau')}{(p' - a')(q' - \varsigma')^2} + \frac{S_p (d-a)}{(p+a)(q+d)^2} \right\}$$

$$c_3 = \frac{p+d}{p+a} C_2 \left\{ \frac{c'_3}{K_2} + K_1 \left(\frac{\operatorname{tg} \varphi'_a (p' - a')}{(p' - \tau')(q' - a')} - \frac{S'_p (a' - \varsigma')}{(p' - \tau')(q' - \varsigma')(q' - a')} \right) - \left(\frac{\operatorname{tg} \varphi_a (p+a)}{(p+d)(q+a)} - \frac{S_p (d-a)}{(p+d)(q+d)(q+a)} \right) \right\}.$$

Der Effekt der Distorsion wird am leichtesten bei der Projection eines quadratischen Liniennetzes beurteilt, dessen Linien parallel mit der Symmetrieebene verlaufen bezw. senkrecht auf derselben stehen. Wenn letztere Linien als zum ersten System angehörig definirt werden, so erhält man indem $\sigma\sigma'$ die Bogenlängen der Schnittlinien der beiden Flächen mit der Symmetrieebene bezeichnen, für die Vergrösserung der Zwischenräume der Linien des ersten Systems

$$\frac{d\sigma'}{d\sigma} = \frac{\cos \varphi_a}{\cos \varphi'_a} C_1 \qquad \frac{d}{d\sigma'} \frac{d\sigma'}{d\sigma} = \cos \varphi_a \frac{c_1}{C_1},$$

und wenn der Krümmungsradius der den centralen Strahl schneidenden projicirten Linie des ersten Systems mit r_1 bezeichnet wird:

$$\frac{\cos \varphi'_a}{r_1} = \frac{c_2}{C_2^2}.$$

Für die Linien des zweiten Systems ergiebt sich die Vergrösserung des Zwischenraumes gleich C_2 und, wenn der Krümmungsradius der orthogonalen Trajectorie der projicirten Linien mit r_2 bezeichnet wird,

$$\frac{1}{r_2 \cos \varphi'_a} = - \frac{c_3}{C_1 C_2}.$$

Die Grössen Cc haben somit für die Projection dieselbe Bedeutung wie die Grössen Kk für die wirkliche Abbildung. In Übereinstimmung hiermit seien $C_1 C_2$ als der *tangentiale bezw. sagittale Projectionscoefficient*, $c_1 c_3$ als die *Asymmetrienwerte des tangentialen bezw. sagittalen Projectionscoefficienten* bezeichnet, während, c_2 die *Krümmungsasymmetrie bei der Projection* misst.

Setzt man in diesen Formeln $a = d$ $\varphi_a = \varphi_0$ und $a' = \tau'$ $\varphi'_a = \varphi_I$ bezw. $a' = \varsigma'$ $\varphi'_a = \varphi_{II}$, so ergeben dieselben die Grössen k. Es ist dann $\frac{d\sigma'}{d\sigma}$ der Wert der actuellen Vergrösserung der Zwischenräume der u-Linien, während der Asymmetrienwert dieser Vergrösserung nicht ohne Kenntniss der Krümmung der Bildflächen erhalten werden kann, weshalb auch anstatt der tatsächlichen Vergrösserung und deren Asymmetrienwertes der Vergrösserungscoefficient und dessen Asymmetrienwert eingeführt wurden. Da die Grösse k_2 für die Abbildung der u-Linien dieselbe Rolle spielt, wie für die Projection die Grösse c_2, so sei dieselbe als die *Krümmungsasymmetrie bei der Abbildung* bezeichnet.

Die hiermit fertig entwickelten Gesetze zweiter Ordnung in einfach asymmetrischen Systemen sollen nun der besseren Brauchbarkeit wegen durch **Summenformeln** ausgedrückt werden.

Multiplicirt man die optische Invariante der *direkten Asymmetrie im centralen Objektstrahlenbündel* mit der optischen Invariante $\Delta\frac{\tau^3}{\mu^3\cos^3 i K_1^3}=0$, so nimmt das erste Glied die Form $\frac{R_u}{\mu^2 K_1^3}$ an. Da nun $R'_{u_n}\mu'_n K'_{1_n}$ gleich $R_{u_{n+1}}\mu_{n+1}K_{1_{n+1}}$ sind, so tritt dieses Glied unverändert in die für die nächste Brechung geltende optische Invariantengleichung, aber mit negativem Vorzeichen ein. Sämmtliche Gleichungen können mithin summirt werden, und es ergiebt sich als Endresultat, wenn $\mu' R'_u$ ohne Flächenindex die im Bildraume giltigen Werte bezeichnen:

$$R'_u=-\mu'^2 K_1^3\sum\Delta\frac{\tau^3}{\mu^3\cos^3 i K_1^3}\left[\frac{3\mu\sin i}{\tau}\left(\frac{\cos^2 i}{\tau}-\frac{\cos i}{\rho_I}\right)-\mu U\cos i\right].$$

Wie ersichtlich, ist diese Form der Summengleichung auch dann, wenn bei einer Brechung $\tau=0$ ist, unverändert giltig. Dieselbe gewinnt eine brauchbarere Gestalt, wenn sie unter Beachtung, dass $\mu^2\sin i\left(\frac{\cos^2 i}{\tau}-\frac{\cos i}{\rho_I}\right)$ sowie U optische Invarianten sind,

$$R'_u=\mu'^2 K_1^3\sum\frac{\tau^3}{\mu^3\cos^3 i K_1^3}\left[U\Delta\mu\cos i+3\mu^2\sin i\left(\frac{\cos i}{\rho_I}-\frac{\cos^2 i}{\tau}\right)\Delta\frac{1}{\mu\tau}\right]$$

geschrieben wird. Für den Fall, dass bei der Brechung in der $n$ten Fläche $\tau=0$ ist, hat man den dieser Brechung entsprechenden Teil der Summe gleich Null zu setzen, wie aus der unveränderten Form der Summengleichung hervorgeht. Es ist mithin für diesen Fall $\Delta\frac{R_u}{\mu^2 K_1^3}=0$, was mit den oben bewiesenen Beziehungen $\Delta\frac{R_u}{\mu^2\cos^3 i}=0$ $\Delta\frac{K_1}{\cos i}=0$ übereinstimmt.

Die Bezeichnungen sind in dieser Summenformel, wie in den folgenden, mit der nach der ABBE'schen Methode gebräuchlichen übereinstimmend, so dass für die Brechung in der $n$ten Fläche $\Delta\mu\cos i$ eine Verkürzung für $\mu'_n\cos i'_n-\mu_n\cos i_n$ wie $\Delta\frac{1}{\mu\tau}$ für $\frac{1}{\mu'_n\tau'_n}-\frac{1}{\mu_n\tau_n}$ darstellt, während sämmtliche übrigen unter dem Summenzeichen stehenden Werte $\mu_n\tau_n\cdots$ darstellen.

Auf dieselbe Weise erhält man für die *transversale Asymmetrie im centralen Objektstrahlenbündel* nach Multiplikation mit der optischen Invariante $\Delta\frac{\tau\varsigma^2}{\mu^3\cos i K_1 K_2^2}=0$ die auch für die singulären Fälle giltige Summenformel

$$S'_u=\mu'^2 K_1 K_2^2\sum\Delta\frac{\tau\varsigma^2}{\mu^3\cos i K_1 K_2^2}\left(\frac{\mu\sin i\cos i}{\tau\rho_{II}}-\frac{\mu\sin i}{\varsigma^2}+\mu W\cos i\right)$$

der die Form

$$S'_u=\mu'^2 K_1 K_2^2\sum\frac{\tau\varsigma^2}{\mu^3\cos i K_1 K_2^2}\left(W\Delta\mu\cos i+\frac{\mu\sin i}{\rho_{II}}\Delta\frac{\cos i}{\tau}-\mu\sin i\Delta\frac{1}{\varsigma^2}\right)$$

gegeben wird, wobei für $\tau = 0$ bezw. $\varsigma = 0$ der der bezüglichen Fläche entsprechende Teil der Summe gleich $\frac{\varsigma^2 \cos i}{\mu^2 K_1 K_2^2 \rho_{II}} \Delta \operatorname{tg} i$ bezw. $-\frac{\tau}{\mu \cos i K_1 K_2^2} \Delta \frac{\sin i}{\mu}$ ist, im Falle $\tau = \varsigma = 0$ aber gleich Null wird.

Für die entsprechenden *Asymmetrienwerte im Hauptstrahlenbündel* gelten dieselben Formeln, wenn $\tau\varsigma$ gegen pq vertauscht werden, und an Stelle der Vergrösserungscoefficienten $K_1 K_2$ zwei Grössen $\chi_1 \chi_2$ gesetzt werden, welche in diesem Strahlenbündel die analoge Bedeutung haben, mithin durch die Gleichungen

$$\Delta \frac{\mu \cos i \chi_1}{p} = 0 \qquad \Delta \frac{\mu \chi_2}{q} = 0$$

oder für den Fall $p = 0$ bezw. $q = 0$ durch die Gleichungen $\Delta \frac{\chi_1}{\cos i} = 0$ bezw. $\Delta \chi_2 = 0$ definirt werden, indem im Objektraume $\chi_1 = \chi_2 = 1$ zu setzen ist, und die im Bildraume giltigen Werte einfach mit $\chi_1 \chi_2$ ohne Flächenindex bezeichnet werden.

Für die *Neigung der ersten Bildfläche* ergiebt sich nach Multiplikation mit der optischen Invariante $\Delta \frac{\tau^2 p}{\mu^3 \cos^3 i K_1^2 \chi_1} = 0$ die auch für die singulären Fälle giltige Summenformel

$$\operatorname{tg} \varphi_I (p' - \tau') = \mu'^2 K_1^2 \chi_1 \left\{ \frac{\operatorname{tg} \varphi_0 (p+d)}{\mu^2} + \sum \Delta \frac{\tau^2 p}{\mu^3 \cos^3 i K_1^2 \chi_1} \left[\mu \sin i \left(\frac{1}{\tau} + \frac{1}{p} \right) \left(\frac{\cos i}{\rho_I} - \frac{\cos^2 i}{\tau} \right) + \right. \right.$$
$$\left. \left. + \frac{\mu \sin i}{\tau} \left(\frac{\cos i}{\rho_I} - \frac{\cos^2 i}{p} \right) + \mu U \cos i \right] \right\}$$

welche in brauchbarerer Form

$$\operatorname{tg} \varphi_I (p' - \tau') = \mu'^2 K_1^2 \chi_1 \left\{ \frac{\operatorname{tg} \varphi_0 (p+d)}{\mu^2} + \sum \frac{\tau^2 p}{\mu^3 \cos^3 i K_1^2 \chi_1} \left[U \Delta \mu \cos i + \mu^2 \sin i \left\{ \left(\frac{\cos i}{\rho_I} - \frac{\cos^2 i}{\tau} \right) \Delta \left(\frac{1}{\mu \tau} + \frac{1}{\mu p} \right) + \right. \right. \right.$$
$$\left. \left. \left. + \left(\frac{\cos i}{\rho_I} - \frac{\cos^2 i}{p} \right) \Delta \frac{1}{\mu \tau} \right\} \right] \right\}$$

geschrieben werden kann, wobei im Falle $\tau = 0$ bezw. $p = 0$ der der bezüglichen Fläche entsprechende Teil der Summe gleich $-\frac{p \cos i}{\mu K_1^2 \chi_1} \Delta \frac{\operatorname{tg} i}{\mu \cos i}$ bezw. $\frac{\tau^2}{\mu^2 \cos i K_1^2 \chi_1} \left(\frac{1}{\rho_I} \Delta \operatorname{tg} i - 2 \Delta \frac{\sin i}{\tau} \right)$ ist.

Für die *Neigung der zweiten Bildfläche* erhält man nach Multiplikation mit der optischen Invariante $\Delta \frac{\varsigma^2 p}{\mu^3 \cos i K_2^2 \chi_1} = 0$ die auch für die singulären Fälle giltige Gleichung

$$\operatorname{tg} \varphi_{II} (p' - \varsigma') = \mu'^2 K_2^2 \chi_1 \left\{ \frac{\operatorname{tg} \varphi_0 (p+d)}{\mu^2} + \sum \Delta \frac{\varsigma^2 p}{\mu^3 \cos i K_2^2 \chi_1} \left(\frac{\mu \sin i \cos i}{p \rho_{II}} - \frac{\mu \sin i}{\varsigma^2} + \mu W \cos i \right) \right\}$$

und nach gewöhnlicher Transformation

$$\operatorname{tg} \varphi_{II} (p' - \varsigma') = \mu'^2 K_2^2 \chi_1 \left\{ \frac{\operatorname{tg} \varphi_0 (p+d)}{\mu^2} + \sum \frac{\varsigma^2 p}{\mu^3 \cos i K_2^2 \chi_1} \left(W \Delta \mu \cos i + \frac{\mu \sin i}{\rho_{II}} \Delta \frac{\cos i}{p} - \mu \sin i \Delta \frac{1}{\varsigma^2} \right) \right\},$$

wobei für $\varsigma = 0$ bezw. $p = 0$ der der betreffenden Fläche entsprechende Teil der Summe gleich $-\frac{p}{\mu \cos i K_2^2 \chi_1} \Delta \frac{\sin i}{\mu}$ bezw. $\frac{\varsigma^2 \cos i}{\mu^2 K_2^2 \chi_1 \rho_{II}} \Delta \operatorname{tg} i$ ist.

Die Invariante der *Krümmung der Bildlinien* wird mit $\Delta \frac{\tau \varsigma q}{\mu^3 \cos i K_1 K_2 \chi_2} = 0$ multiplicirt und liefert dann die auch in den singulären Fällen giltige Gleichung

$$\frac{\cos \varphi_I}{\rho_u}(q' - \tau')(\varsigma' - \tau') = \mu'^2 K_1 K_2 \chi_2 \sum \Delta \frac{\tau \varsigma q}{\mu^3 \cos i K_1 K_2 \chi_2} \left(\frac{\mu \sin i}{\varsigma q} - \frac{\mu \sin i \cos i}{\tau \rho_{II}} - \mu W \cos i \right),$$

welcher die Form

$$\frac{\cos \varphi_I}{\rho_u}(q' - \tau')(\varsigma' - \tau') = -\mu'^2 K_1 K_2 \chi_2 \sum \frac{\tau \varsigma q}{\mu^3 \cos i K_1 K_2 \chi_2} \left(W \Delta \mu \cos i + \frac{\mu \sin i}{\rho_{II}} \Delta \frac{\cos i}{\tau} - \mu \sin i \Delta \frac{1}{\varsigma q} \right)$$

gegeben wird, wobei in den Fällen $\tau = 0$ $\varsigma = 0$ $q = 0$ der betreffende Teil der Summe gleich beziehungsweise

$$\frac{\varsigma q \cos i}{\mu^2 K_1 K_2 \chi_2 \rho_{II}} \Delta \operatorname{tg} i \qquad -\frac{\tau q}{\mu^2 \cos i K_1 K_2 \chi_2} \Delta \frac{\sin i}{q} \qquad -\frac{\tau \varsigma}{\mu^2 \cos i K_1 K_2 \chi_2} \Delta \frac{\sin i}{\varsigma}$$

ist und bei $\tau = \varsigma = 0$ verschwindet. Für den Fall $\varsigma' = \tau'$ hat man $\frac{\varsigma' - \tau'}{\rho_u}$ durch

$$\frac{\cos \varphi_I (\operatorname{tg} \varphi_I - \operatorname{tg} \varphi_{II})}{\frac{\delta \rho_u}{\delta \sigma}}$$

zu ersetzen. In den übrigen Fällen erhält man die Krümmung der orthogonalen Trajectorie der v-Linien durch die Gleichung

$$\frac{q' - \varsigma'}{\rho_v} = \cos \varphi_I \cos \varphi_{II} \frac{q' - \tau'}{\rho_u} - \sin \varphi_{II}.$$

Die Summenformel für den *Asymmetrienwert des tangentialen Projections-coefficienten* ist

$$c_1 = \frac{p + d}{p + a} C_1 \left\{ \Delta K_1 \left(\frac{2 \operatorname{tg} \varphi_a}{p - \tau} - \frac{R_p (e - \tau)}{(p - e)(p - \tau)^2} \right) - \right.$$
$$\left. - \sum \Delta \frac{K_1 \tau p^2}{(p - \tau)^2} \left[\frac{2 \sin i}{p \cos^3 i} \left(\frac{\cos i}{\rho_I} - \frac{\cos^2 i}{\tau} \right) + \frac{\sin i}{\tau \rho_I \cos^2 i} - \frac{\operatorname{tg} i}{p^2} + \frac{U}{\cos^2 i} \right] \right\},$$

wo die vor dem Summenzeichen stehende Differenz sich auf Bild- und Objektraum bezieht und für e im ersteren Raume a', im letzteren $-a$ zu setzen ist. Die beiden Gleichungen

$$\Delta \frac{\mu \cos i K_1}{\tau} = 0 \qquad \Delta \mu \cos^2 i \left(\frac{1}{\tau} - \frac{1}{p} \right) = 0$$

ergeben, wenn erstere mit dem Quadrate der letzteren dividirt wird:

$$\Delta \frac{K_1 \tau p^2}{\mu \cos^3 i (p - \tau)^2} = 0,$$

und man kann daher die Summe auf folgende Weise schreiben

$$\sum \Delta \frac{K_1 \tau p^2}{\mu \cos^3 i (p-\tau)^2} \left\{ \frac{\mu \sin i}{p} \left(\frac{\cos i}{\rho_I} - \frac{\cos^2 i}{\tau} \right) + \mu \sin i \left(\frac{1}{\tau} + \frac{1}{p} \right) \left(\frac{\cos i}{\rho_1} - \frac{\cos^2 i}{p} \right) + \mu U \cos i \right\},$$

wonach auf gewöhnliche Weise die definitive Summenformel

$$c_1 = \frac{p+d}{p+a} C_1 \left\{ \Delta K_1 \left(\frac{2 \operatorname{tg} \varphi_a}{p-\tau} - \frac{R_p (e-\tau)}{(p-e)(p-\tau)^2} - \right. \right.$$
$$\left. \left. - \sum \frac{K_1 \tau p^2}{\mu \cos^3 i (p-\tau)^2} \left\{ U \Delta \mu \cos i + \mu^2 \sin i \left[\left(\frac{\cos i}{\rho_I} - \frac{\cos^2 i}{\tau} \right) \Delta \frac{1}{\mu p} + \left(\frac{\cos i}{\rho_I} - \frac{\cos^2 i}{p} \right) \left(\Delta \frac{1}{\mu \tau} + \Delta \frac{1}{\mu p} \right) \right] \right\} \right\}$$

erhalten wird, in welcher für den Fall, dass bei einer Brechung $\tau = 0$ oder $p - 0$ ist, der entsprechende Teil der Summe gleich beziehungsweise

$$\frac{K_1}{\cos i} \left(\frac{1}{\rho_I} \Delta \operatorname{tg} i - 2 \mu \sin i \, \Delta \frac{1}{\mu p} \right) \qquad - \frac{\mu \cos i \, K_1}{\tau} \Delta \frac{\operatorname{tg} i}{\mu \cos i}$$

ist.

Für die *Krümmungsasymmetrie bei der Projection* beweist man zunächst nach angewendeter Methode die Gleichung

$$\Delta \frac{K_2^2 \tau q^2}{\mu K_1 \cos i (q-\varsigma)^2} = 0,$$

wonach die Summe

$$\sum \Delta \frac{K_2^2 \tau q^2}{\mu K_1 \cos i (q-\varsigma)^2} \left(\frac{\mu \sin i \cos i}{\tau \rho_{II}} - \frac{\mu \sin i}{q^2} + \mu W \cos i \right)$$

geschrieben wird, und die definitive Formel

$$c_2 = - \frac{(q+d)^2 (p+a)}{(q+a)^2 (p+d)} C_1 \left\{ \Delta \frac{K_2^2 S_p (e-\tau)}{K_1 (p-e)(q-\varsigma)^2} + \right.$$
$$\left. + \sum \frac{K_2^2 \tau q^2}{\mu K_1 \cos i (q-\varsigma)^2} \left(W \Delta \mu \cos i + \frac{\mu \sin i}{\rho_{II}} \Delta \frac{\cos i}{\tau} - \mu \sin i \, \Delta \frac{1}{q^2} \right) \right\}$$

resultirt, in welcher, wenn bei einer Brechung $\tau = 0$ oder $q = 0$ ist, der entsprechende Teil der Summe gleich $\frac{K_2^2 q^2 \cos i}{K_1 (q-\varsigma)^2 \rho_{II}} \Delta \operatorname{tg} i$ bezw. $- \frac{\mu K_2^2 \tau}{K_1 \cos i \, \varsigma^2} \Delta \frac{\sin i}{\mu}$ ist.

Auf identische Weise erhält man für den *Asymmetrienwert des sagittalen Projectionscoefficienten* die Formel

$$c_3 = \frac{p+d}{p+a} C_2 \left\{ \Delta K_1 \left(\frac{\operatorname{tg} \varphi_a (p-e)}{(p-\tau)(q-e)} - \frac{S_p (e-\varsigma)}{(p-\tau)(q-\varsigma)(q-e)} \right) - \right.$$
$$\left. - \sum \frac{K_1 \varsigma p q}{\mu \cos i (p-\tau)(q-\varsigma)} \left(W \Delta \mu \cos i + \frac{\mu \sin i}{\rho_{II}} \Delta \frac{\cos i}{p} - \mu \sin i \, \Delta \frac{1}{\varsigma q} \right) \right\},$$

in welcher, wenn bei einer Brechung $\varsigma = 0$, $p = 0$ oder $q = 0$ ist, der entsprechende Teil der Summe den bezüglichen Wert

$$- \frac{K_1 p}{\cos i (p-\tau)} \Delta \frac{\sin i}{q} \qquad - \frac{K_1 \varsigma q \cos i}{\tau (q-\varsigma) \rho_{II}} \Delta \operatorname{tg} i \qquad \frac{K_1 p}{\cos i (p-\tau)} \Delta \frac{\sin i}{\varsigma}$$

hat.

Die drei letzteren Summenformeln ergeben die *Asymmetrienwerte der Vergrösserungscoefficienten* und die *Krümmungssymmetrie bei der Abbildung*, wenn $a = d$ $\varphi_a = \varphi_0$ und in den beiden ersten $a' = \tau'$ $\varphi'_a = \varphi_I$ in der dritten aber $a' = \varsigma'$ $\varphi'_a = \varphi_{II}$ gesetzt wird.

Für den speciellen Fall der *Umdrehungssysteme*, in welchen die brechenden Flächen und die Objektfläche, mithin auch die Bildflächen Umdrehungsflächen mit gemeinsamer Umdrehungsachse sind, auf welcher das Centrum der Blende belegen ist, erhält man auf folgende Weise besondere Vereinfachungen.

Es wird der Winkel w eingeführt, den die Umdrehungsachse mit dem centralen Strahle bildet, und welcher dann positiv gerechnet wird, wenn im Coordinatensystem $q = \alpha = \beta = 0$ für die Umdrehungsachse $\frac{d\zeta}{d\xi} > 0$ ist. Der Winkel, den die Normale der brechenden Fläche mit der Umdrehungsachse bildet, ist dann $w + i$. Für den Abstand des Incidenzpunktes von der Umdrehungsachse hat man die beiden Ausdrücke

$$\rho_{II} \sin(w + i) = q \sin w .$$

Es ist somit

$$\frac{\cos i}{\rho_{II}} = \frac{\cos i \sin(w + i)}{q \sin w},$$

und da

$$\cos i \sin(w + i) = \sin w + \sin i \cos(w + i)$$

ist:

$$\frac{\cos i}{\rho_{II}} - \frac{1}{q} = \frac{\sin i \cos(w + i)}{q \sin w},$$

woraus erfolgt

$$\frac{\cot(w + i)}{\rho_{II}} = \frac{1}{\sin i}\left(\frac{\cos i}{\rho_{II}} - \frac{1}{q}\right).$$

Da die Umdrehungsachse die zweite Evolutenschale der brechenden Fläche darstellt, mithin auch mit der Kante derselben zusammenfällt, so ergiebt die Beziehung zwischen der Richtung der Kantlinie und dem Werte der transversalen Krümmungsasymmetrie:

$$W = \frac{1}{\rho_{II}}\left(\frac{1}{\rho_I} - \frac{1}{\rho_{II}}\right)\cot(w + i) = \frac{1}{\sin i}\left(\frac{1}{\rho_I} - \frac{1}{\rho_{II}}\right)\left(\frac{\cos i}{\rho_{II}} - \frac{1}{q}\right).$$

Unter Anwendung dieser Relation und der aus der Beziehung

$$\frac{1}{\rho_{II}} = \frac{\sin w \cos i + \sin i \cos w}{q \sin w}$$

resultirenden

$$\frac{\cot w}{q} = \frac{1}{\rho_{II} \sin i} - \frac{\cot i}{q}$$

erhält man folgende Gleichungen:

$$\mu\left\{\frac{\cos i\cot w}{q}\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}\right)+\frac{\sin i}{q^2}-\frac{\sin i\cos i}{p\rho_{II}}-W\cos i\right\}=\frac{\mu}{\sin i}\left(\frac{\cos i}{\rho_{II}}-\frac{1}{q}\right)\left(\frac{\cos^2 i}{p}-\frac{\cos i}{\rho_I}-\frac{1}{q}+\frac{\cos i}{\rho_{II}}\right)$$

$$\mu\left\{\frac{\cos i\cot w}{q}\left(\frac{1}{\tau}-\frac{1}{\varsigma}\right)+\frac{\sin i}{\varsigma q}-\frac{\sin i\cos i}{\tau\rho_{II}}-W\cos i\right\}=\frac{\mu}{\sin i}\left(\frac{\cos i}{\rho_{II}}-\frac{1}{q}\right)\left(\frac{\cos^2 i}{\tau}-\frac{\cos i}{\rho_I}-\frac{1}{\varsigma}+\frac{\cos i}{\rho_{II}}\right)$$

$$\mu\left\{\frac{\cos i\cot w}{q}\left(\frac{1}{\tau}-\frac{1}{q}\right)+\frac{\sin i}{q^2}-\frac{\sin i\cos i}{\tau\rho_{II}}-W\cos i\right\}=\frac{\mu}{\sin i}\left(\frac{\cos i}{\rho_{II}}-\frac{1}{q}\right)\left(\frac{\cos^2 i}{\tau}-\frac{\cos i}{\rho_I}-\frac{1}{q}+\frac{\cos i}{\rho_{II}}\right)$$

$$\mu\left\{\frac{\cos i\cot w}{q}\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{\varsigma}\right)+\frac{\sin i}{\varsigma q}-\frac{\sin i\cos i}{p\rho_{II}}-W\cos i\right\}=\frac{\mu}{\sin i}\left(\frac{\cos i}{\rho_{II}}-\frac{1}{q}\right)\left(\frac{\cos^2 i}{p}-\frac{\cos i}{\rho_I}-\frac{1}{\varsigma}+\frac{\cos i}{\rho_{II}}\right),$$

in welchen das rechte Membrum eine optische Invariante darstellt, was somit auch mit dem linken der Fall ist. Es resultirt allgemein:

$$W\Delta\mu\cos i+\frac{\mu\sin i}{\rho_{II}}\Delta\frac{\cos i}{p}-\mu\sin i\,\Delta\frac{1}{q^2}=\Delta\frac{\mu\cos i\cot w}{q}\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}\right)$$

$$W\Delta\mu\cos i+\frac{\mu\sin i}{\rho_{II}}\Delta\frac{\cos i}{\tau}-\mu\sin i\,\Delta\frac{1}{\varsigma q}=\Delta\frac{\mu\cos i\cot w}{q}\left(\frac{1}{\tau}-\frac{1}{\varsigma}\right)$$

$$W\Delta\mu\cos i+\frac{\mu\sin i}{\rho_{II}}\Delta\frac{\cos i}{\tau}-\mu\sin i\,\Delta\frac{1}{q^2}=\Delta\frac{\mu\cos i\cot w}{q}\left(\frac{1}{\tau}-\frac{1}{q}\right)$$

$$W\Delta\mu\cos i+\frac{\mu\sin i}{\rho_{II}}\Delta\frac{\cos i}{p}-\mu\sin i\,\Delta\frac{1}{\varsigma q}=\Delta\frac{\mu\cos i\cot w}{q}\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{\varsigma}\right)$$

Zunächst erhält man hieraus für die *transversale Asymmetrie im Hauptstrahlenbündel*

$$S'_p=\mu'^2\chi_1\chi_2^2\sum\frac{pq^2}{\mu^3\cos i\chi_1\chi_2^2}\Delta\frac{\mu\cos i\cot w}{q}\left(\frac{1}{p}-\frac{1}{q}\right)=\mu'^2\chi_1\chi_2^2\sum\Delta\frac{(q-p)\cot w}{\mu^2\chi_1\chi_2^2}$$

wo die Summation vom Blendenraume zum Bildraume auszuführen ist. Da sämmtliche unter dem Summenzeichen stehenden Werte für das in der $n+1$ten Fläche einfallende Hauptstrahlenbündel unverändert dieselben sind wie für das in der $n$ten gebrochene, so treten sämmtliche Glieder der Summe mit Ausnahme des dem Blendenraume entsprechenden, welches gleich Null ist, und des dem Bildraume entsprechenden zweimal und zwar mit verschiedenem Vorzeichen auf, wonach die Summe gleich dem dem Bildraume entsprechenden Gliede ist und die Gleichung

$$S'_p=(q'-p')\cot w'$$

resultirt, welche in Übereinstimmung damit, dass die Umdrehungsachse die zweite kaustische Fläche des Hauptstrahlenbündels darstellt, angiebt, dass die Kantlinie dieser Fläche nach den oben angegebenen Beziehungen mit dieser Achse zusammenfällt.

Auf dieselbe Weise ergiebt sich für die *Krümmung der Bildlinien*

$$\frac{\cos\varphi_I}{\rho_u}(q'-\tau')(\varsigma'-\tau')=-\mu'^2K_1K_2\chi_2\sum\Delta\frac{(\varsigma-\tau)\cot w}{\mu^2K_1K_2\chi_2}$$

und

$$\frac{\cos\varphi_I}{\rho_u}=\frac{\cot w'}{\tau'-q'}$$

welche Gleichung besagt, dass der Krümmungsmittelpunkt der Schnittlinie der der u-Linie entsprechenden Hauptstrahlenfläche mit der ersten Fokalebene auf der Umdrehungsachse liegt. Aus der Gleichung

$$\frac{q'-\varsigma'}{\rho_v} = \cos\varphi_I \cos\varphi_{II} \frac{q'-\tau'}{\rho_u} - \sin\varphi_{II}$$

resultirt

$$\frac{1}{\rho_v} = \frac{\cos\varphi_{II}\cot w' + \sin\varphi_{II}}{\varsigma'-q'} = \frac{\cos(\varphi_{II}-w')}{(\varsigma'-q')\sin w'}$$

als Beleg dafür, dass das Krümmungscentrum der orthogonalen Trajectorie der v-Linien auf der Umdrehungsachse liegt.

Ebenso ergiebt sich nach derselben Methode für die *Krümmungsasymmetrie bei der Abbildung:*

$$k_2 = -K_1 \sum \Delta \frac{K_2^2 (q-\tau)\cot w}{K_1 (q-\varsigma)^2},$$

in welcher Summe aber das erste Glied von Null verschieden ist, wonach

$$k_2 = -\frac{K_2^2 (q'-\tau')\cot w'}{(q'-\varsigma')^2} + \frac{K_1 \cot w}{q+d}$$

resultirt. Die oben bewiesene Gleichung

$$k_2 = K_2^2 \frac{\cos\varphi_I}{\rho_u}\left(\frac{q'-\tau'}{q'-\varsigma'}\right)^2 - K_1 \frac{\cos\varphi_0}{r_u}$$

ergiebt für die *Krümmung der durch den centralen Objektpunkt gehenden abbildbaren u-Linie:*

$$\frac{\cos\varphi_0}{r_u} = -\frac{\cot w}{q+d}$$

als Ausdruck dafür, dass das Krümmungscentrum der Schnittlinie der derselben entsprechenden Hauptstrahlenfläche mit der senkrecht zum centralen Strahl gelegten Ebene auf der Umdrehungsachse liegt.

Ebenso ergiebt sich für den *Asymmetrienwert des sagittalen Vergrösserungscoefficienten*

$$k_3 = K_2 \left\{ \frac{K_1 \operatorname{tg}\varphi_{II}(p'-\varsigma')}{(p'-\tau')(q'-\varsigma')} - \frac{\operatorname{tg}\varphi_0}{q+d} - \sum \Delta \frac{K_1(\varsigma-p)\cot w}{(p-\tau)(q-\varsigma)} \right\},$$

wo die Summe gleich

$$-\frac{K_1 (p'-\varsigma')\cot w'}{(p'-\tau')(q'-\varsigma')} + \frac{\cot w}{q+d}$$

ist, und aus welcher Gleichung, da

$$\operatorname{tg}\varphi + \cot w = \frac{\cos(\varphi - w)}{\cos\varphi \sin w}$$

ist,

$$k_3 = K_2 \left\{ \frac{K_1 (p'-\varsigma')\cos(\varphi_{II}-w')}{(p'-\tau')(q'-\varsigma')\cos\varphi_{II}\sin w'} - \frac{\cos(\varphi_0 - w)}{(q+d)\cos\varphi_0 \sin w} \right\}$$

resultirt. Die oben bewiesene Beziehung

$$k_3 = \frac{K_2}{r_r \cos \varphi_0} - \frac{K_1 K_2 (p' - \varsigma')}{\rho_r \cos \varphi_0 (p' - \tau')}$$

ergiebt dann unter Anwendung des eben ermittelten Wertes von ρ_v für die *Krümmung der durch den centralen Objektpunkt gehenden orthogonalen Trajectorie der abbildbaren v-Linien*

$$\frac{1}{r_v} = -\frac{\cos(\varphi_0 - w)}{(q+d)\sin w}$$

in Übereinstimmung damit, dass das Krümmungscentrum auf der Umdrehungsachse liegt.

Bei dem praktisch besonders wichtigen Fall der *Projection* von Liniensystemen, welche auf einer zur Umdrehungsachse senkrechten Ebene verlaufen, auf eine ebenfalls auf der Umdrehungsachse senkrecht stehende Ebene erhält man zunächst für den *sagittalen Projectionscoefficienten* unter Anwendung der optischen Invariante $\Delta \frac{K_2 q}{q - \varsigma} = 0$ nach Division mit der für Umdrehungssysteme giltigen Beziehung $\Delta q \sin w = 0$, welche besagt, dass der Abstand des Incidenzpunktes von der Umdrehungsachse dem einfallenden und gebrochenen Strahlenbündel gemeinsam ist, die Gleichung

$$\Delta \frac{K_2}{(q - \varsigma)\sin w} = 0$$

welche nach angegebener Methode von Fläche zu Fläche summirt werden kann, wobei sämmtliche Glieder mit Ausnahme der dem Objektraume und dem Bildraume entsprechenden verschwinden, so dass als Endresultat

$$K_2 = \frac{(q' - \varsigma')\sin w'}{(q+d)\sin w} \qquad C_2 = \frac{(q' - a')\sin w'}{(q+a)\sin w}$$

erhalten wird. Die Gleichungen besagen, dass zwei einander bei der Projection entsprechende Punkte stets in einer und derselben die Umdrehungsachse enthaltenden Ebene liegen, sowie dass dasselbe bei zwei in einander abbildbaren v-Linien der Fall ist.

Für die *Krümmungsasymmetrie bei der Projection* ergiebt die allgemeine Formel unter Anwendung des bei der Ermittelung von k_2 gefundenen Wertes der Summe und unter Berücksichtigung der Identität

$$(a - \tau)(q - p) + (q - \tau)(p - a) = (q - a)(p - \tau)$$

zunächst nach Einsetzen von $(q' - p')\cot w'$ $(q - p)\cot w$ für $S'_p S_p$:

$$c_2 = -\frac{(q+d)^2 (p+a)}{(q+a)^2 (p+d)} C_1 \left\{ \frac{K_2^2 (q' - a')(p' - \tau')\cot w'}{K_1 (p' - a')(q' - \varsigma')^2} - \frac{(q+a)(p+d)\cot w}{(p+a)(q+d)^2} \right\},$$

welche Gleichung unter Anwendung des eben hergeleiteten Wertes für K_2 die Form

$$c_2 = \frac{C_1 \cos w - C_2 \cos w'}{(q+a)\sin w}$$

erhält.

Durch eben dieselben Umformungen erhält man für den *Asymmetrienwert des sagittalen Projectionscoefficienten* unter Anwendung des oben ermittelten Wertes für C_2 und der Beziehung $\operatorname{tg} w + \cot w = \frac{1}{\sin w \cos w}$ nach Einsetzen von $w'w$ für $\varphi'_a \varphi_a$ die Gleichung

$$c_3 = \frac{C_1 \cos w - C_2 \cos w'}{(q+a)\sin w \cos w \cos w'} = \frac{c_2}{\cos w \cos w'}.$$

Da $\frac{C_1 \cos w}{\cos w'}$ bezw. C_2 die tatsächliche durch die Projection erfolgende Vergrösserung des Linienelementes einer im Tangential- bezw. Sagittalschnitte liegenden Linie darstellt, so genügt mithin in Umdrehungssystemen die Erfüllung der Bedingung, dass diese Vergrösserungen identisch dieselben sind, um zu bewirken, dass bei der Projection eines rectangulären Liniennetzes, dessen Linien zur Tangentialebene parallel sind, bezw. auf derselben senkrecht stehen, die Krümmung der die Tangentialebene und den centralen Strahl senkrecht schneidenden projicirten Linie sowie der durch denselben Punkt gehenden orthogonalen Trajectorie der Linien des anderen Systemes gleich Null wird.

Dass die ermittelten Beziehungen der Grössen Cc zu einander a priori postulirt werden können, ist leicht zu zeigen, wenn die Coordinaten auf den beiden bei der Projection correspondirenden Ebenen in Polarcoordinaten umgewandelt werden, wobei man sich nur zu erinnern hat, dass die durch dieselben repräsentirten Differentialquotienten sich auf das Coordinatensystem $q = \alpha = \beta = 0$ beziehen.

IV. Die Gesetze dritter Ordnung in symmetrischen Systemen.

Die optischen Invarianten vierter Ordnung. Wenn der centrale Strahl die Schnittlinie der beiden mit den Coordinatenebenen zusammenfallenden Symmetrieebenen des Systems darstellt, so sind die mit dem Brechungsindex multiplicirten Differentialquotienten

$$\begin{array}{ccccc}
 & & \frac{\partial^4 \varkappa}{\partial x_0^4} & \frac{\partial^4 \varkappa}{\partial x_0^2 \partial y_0^2} & \frac{\partial^4 \varkappa}{\partial y_0^4} \\
 & \frac{\delta \partial^3 \varkappa}{\delta \xi_0 \partial x_0^3} & \frac{\delta \partial^3 \varkappa}{\delta \xi_0 \partial x_0 \partial y_0^2} & \frac{\delta \partial^3 \varkappa}{\delta \eta_0 \partial x_0^2 \partial y_0} & \frac{\delta \partial^3 \varkappa}{\delta \eta_0 \partial y_0^3} \\
 & \frac{\delta^2 \partial^2 \varkappa}{\delta \xi_0^2 \partial x_0^2} & \frac{\delta^2 \partial^2 \varkappa}{\delta \xi_0^2 \partial y_0^2} & \frac{\delta^2 \partial^2 \varkappa}{\delta \xi_0 \delta \eta_0 \partial x_0 \partial y_0} & \frac{\delta^2 \partial^2 \varkappa}{\delta \eta_0^2 \partial x_0^2} & \frac{\delta^2 \partial^2 \varkappa}{\delta \eta_0^2 \partial y_0^2} \\
\frac{\delta^3 \partial \varkappa}{\delta \xi_0^3 \partial x_0} = \frac{\delta^4 \varkappa}{\delta \xi_0^4} & & \frac{\delta^3 \partial \varkappa}{\delta \xi_0^2 \delta \eta_0 \partial y_0} = \frac{\delta^4 \varkappa}{\delta \xi_0^3 \delta \eta_0} & & \frac{\delta^3 \partial \varkappa}{\delta \eta_0^3 \partial y_0} = \frac{\delta^4 \varkappa}{\delta \eta_0^4}
\end{array}$$

die optischen Invarianten vierter Ordnung. Wie bei den Invarianten zweiter und dritter Ordnung, sind die Gleichheiten in der letzten Reihe durch die Identitäten $\frac{\partial \varkappa}{\partial x_0} = \frac{\delta \varkappa}{\delta \xi_0}$ $\frac{\partial \varkappa}{\partial y_0} = \frac{\delta \varkappa}{\delta \eta_0}$ bedingt. Die Invarianten dieser Reihe geben also für das Hauptstrahlenbündel dieselben Werte wie die Invarianten der ersten Reihe für das centrale Objektstrahlenbündel, können mithin einfach durch Permutation von Buchstaben erhalten werden. Da die Incidenz rechtwinkelig ist, und da demnach ein Drehen des Coordinatensystems um einen rechten Winkel nur ein Vertauschen der beiden Symmetrieebenen darstellt, so können die beiden letzten Invarianten der zweiten und dritten Reihe sowie die letzte der ersten Reihe auf ähnliche Weise durch Permutation erhalten werden, wonach nur sieben Deduktionen auszuführen sind, wobei es hinreichend ist, die Ableitungen mit Ausgang von einem der partiellen Differentialquotienten von $\varkappa$ vorzunehmen.

Die successiven Differentiationen und Variationen von $\frac{\partial \varkappa}{\partial x_0}$ ergeben zunächst:

$$d^3 \frac{\partial \varkappa}{\partial x_0} = d^3 \alpha + d^3 p + 3 dp d^2 \gamma$$

$$\delta d^2 \frac{\partial \varkappa}{\partial x_0} = \delta d^2 \alpha + \delta d^2 p + 2 dp \delta d\gamma + \delta p d^2 \gamma$$

$$\delta^2 d \frac{\partial \varkappa}{\partial x_0} = \delta^2 d\alpha + \delta^2 dp + 2 \delta p \delta d\gamma + dp \delta^2 \gamma$$

Werden für die Differentialquotienten vierter Ordnung der Gleichung der brechenden Fläche folgende Verkürzungen eingeführt:

$$\frac{\partial^4 z_0}{\partial x_0^4} = \partial^{40} \qquad \frac{\partial^4 z_0}{\partial x_0^2 \partial y_0^2} = \partial^{22} \qquad \frac{\partial^4 z_0}{\partial y_0^4} = \partial^{04}$$

so hat man

$$d^3 p = \partial^{10} dx_0^3 + 3\,\partial^{22} dx_0 dy_0^2$$

u. s. w. Die schon eingangs angewendete Beziehung $\alpha d\alpha + \beta d\beta + \gamma d\gamma = 0$ ergiebt:

$$d^2\gamma = -d\alpha^2 - d\beta^2 \qquad \delta d\gamma = -\delta\alpha\, d\alpha - \delta\beta\, d\beta \qquad \delta^2\gamma = -\delta\alpha^2 - \delta\beta^2$$

wonach

$$d^3 p + 3\,dp d^2\gamma = \left\{\partial^{40} - 3r\left(\frac{\partial\alpha}{\partial x}\right)^2\right\} dx_0^3 + 3\left\{\partial^{22} - r\left(\frac{\partial\beta}{\partial y}\right)^2\right\} dx_0 dy_0^2$$

$$\delta d^2 p + 2\,dp\,\delta d\gamma + \delta p d^2\gamma = \left\{\partial^{40} - 2r\frac{\partial\alpha}{\partial x}\frac{\delta\alpha}{\delta\xi} - r\left(\frac{\partial\alpha}{\partial x}\right)^2\right\}\delta\xi_0 dx_0^2 +$$

$$+ 2\left\{\partial^{22} - r\frac{\partial\beta}{\partial y}\frac{\delta\beta}{\delta\eta}\right\}\delta\eta_0 dx_0 dy_0 + \left\{\partial^{22} - r\left(\frac{\partial\beta}{\partial y}\right)^2\right\}\delta\xi_0 dy_0^2$$

$$\delta^2 dp + 2\,\delta p\,\delta d\gamma + dp\,\delta^2\gamma = \left\{\partial^{40} - 2r\frac{\partial\alpha}{\partial x}\frac{\delta\alpha}{\delta\xi} - r\left(\frac{\delta\alpha}{\delta\xi}\right)^2\right\}\delta\xi_0^2 dx_0 +$$

$$+ 2\left\{\partial^{22} - r\frac{\partial\beta}{\partial y}\frac{\delta\beta}{\delta\eta}\right\}\delta\xi_0\,\delta\eta_0 dy_0 + \left\{\partial^{22} - r\left(\frac{\delta\beta}{\delta\eta}\right)^2\right\}\delta\eta_0^2 dx_0$$

erhalten wird. Die Differentiationen und Variationen der Gleichung $x_0 - x = \varkappa\alpha$ ergeben für $\alpha = \varkappa = d\varkappa = 0$

$$d^3 x = -3\,d^2\varkappa\, d\alpha \qquad \delta d^2 x = -2\,\delta d\varkappa\, d\alpha - d^2\varkappa\,\delta\alpha \qquad \delta^2 dx = -2\,\delta d\varkappa\,\delta\alpha - \delta^2\varkappa\, d\alpha\,,$$

wo

$$d^2\varkappa = \left(\frac{\partial\alpha}{\partial x} + r\right)dx_0^2 + \left(\frac{\partial\beta}{\partial y} + t\right)dy_0^2$$

$$\delta d\varkappa = \left(\frac{\delta\alpha}{\delta\xi} + r\right)\delta\xi_0 dx_0 + \left(\frac{\delta\beta}{\delta\eta} + t\right)\delta\eta_0 dy_0$$

u. s. w. ist. Die Gleichungen

$$d^3\alpha = \frac{\partial^3\alpha}{\partial x^3}dx^3 + 3\frac{\partial^3\alpha}{\partial x\,\partial y^2}dx\,dy^2 + \frac{\partial\alpha}{\partial x}d^3x$$

$$\delta d^2\alpha = \frac{\delta\partial^2\alpha}{\delta\xi\,\partial x^2}\delta\xi dx^2 + 2\frac{\delta\partial^2\alpha}{\delta\eta\,\partial x\,\partial y}\delta\eta\,dx\,dy + \frac{\delta\partial^2\alpha}{\delta\xi\,\partial y^2}\delta\xi dy^2 + \frac{\partial\alpha}{\partial x}\delta d^2x$$

$$\delta^2 d\alpha = \frac{\delta^2\partial\alpha}{\delta\xi^2\,\partial x}\delta\xi^2 dx + \frac{\delta^2\partial\alpha}{\delta\eta^2\,\partial x}\delta\eta^2 dx + 2\frac{\delta^2\partial\alpha}{\delta\xi\,\delta\eta\,\partial y}\delta\xi\,\delta\eta\,dy + \frac{\partial\alpha}{\partial x}\delta^2 dx$$

liefern die übrigen in den Ableitungen vierter Ordnung von $\varkappa$ auftretenden Werte, indem $dx = dx_0$ u. s. w. ist.

Es wird die mit der XZ-Ebene zusammenfallende Symmetrieebene als die erste bezeichnet, und es sollen $s_1 s_2$ die Schnittweiten des centralen Objektstrahlen-

bündels, $p_1 p_2$ diejenigen des Hauptstrahlenbündels, $\rho_1 \rho_2$ die Hauptkrümmungsradien der brechenden Fläche darstellen. Unter Anwendung dieser Werte erhält man nach den bezüglichen Einsetzungen:

$$\frac{\partial^4 \varkappa}{\partial x_0^4} = \frac{\partial^3 \alpha}{\partial x^3} - \frac{3}{s_1^2}\left(\frac{2}{\rho_1} - \frac{1}{s_1}\right) + \partial^{40}$$

$$\frac{\partial^4 \varkappa}{\partial x_0^2 \partial y_0^2} = \frac{\partial^3 \alpha}{\partial x \partial y^2} - \frac{1}{s_1^2}\left(\frac{1}{\rho_2} - \frac{1}{s_2}\right) - \frac{1}{s_2^2 \rho_1} + \partial^{22}$$

$$\frac{\delta \partial^3 \varkappa}{\delta \xi_0 \partial x_0^3} = \frac{\delta \partial^2 \alpha}{\delta \xi \partial x^2} - \frac{1}{s_1^2}\left(\frac{3}{\rho_1} - \frac{2}{p_1}\right) - \frac{1}{s_1 p_1}\left(\frac{3}{\rho_1} - \frac{1}{s_1}\right) + \partial^{40}$$

$$\frac{\delta \partial^3 \varkappa}{\delta \xi_0 \partial x_0 \partial y_0^2} = \frac{\delta \partial^2 \alpha}{\delta \xi \partial y^2} - \frac{1}{s_1 p_1}\left(\frac{1}{\rho_2} - \frac{1}{s_2}\right) - \frac{1}{s_2^2 \rho_1} + \partial^{22}$$

$$\frac{\delta \partial^3 \varkappa}{\delta \eta_0 \partial x_0^2 \partial y_0} = \frac{\delta \partial^2 \alpha}{\delta \eta \partial x \partial y} - \frac{1}{s_1^2}\left(\frac{1}{\rho_2} - \frac{1}{p_2}\right) - \frac{1}{s_2 p_2 \rho_1} + \partial^{22}$$

$$\frac{\delta^2 \partial^2 \varkappa}{\delta \xi_0^2 \partial x_0^2} = \frac{\delta^2 \partial \alpha}{\delta \xi^2 \partial x} - \left(\frac{1}{s_1^2} + \frac{2}{s_1 p_1}\right)\left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{p_1}\right) - \frac{1}{p_1 \rho_1}\left(\frac{2}{s_1} + \frac{1}{p_1}\right) + \partial^{40}$$

$$\frac{\delta^2 \partial^2 \varkappa}{\delta \xi_0 \delta \eta_0 \partial x_0 \partial y_0} = \frac{\delta^2 \partial \alpha}{\delta \xi \delta \eta \partial y} - \frac{1}{s_1 p_1}\left(\frac{1}{\rho_2} - \frac{1}{p_2}\right) - \frac{1}{s_2 p_2 \rho_1} + \partial^{22}$$

$$\frac{\delta^2 \partial^2 \varkappa}{\delta \eta_0^2 \partial x_0^2} = \frac{\delta^2 \partial \alpha}{\delta \eta^2 \partial x} - \frac{1}{s_1^2}\left(\frac{1}{\rho_2} - \frac{1}{p_2}\right) - \frac{1}{p_2^2 \rho_1} + \partial^{22}.$$

Durch Vertauschen von $x \xi \alpha s_1 p_1 \rho_1$ mit $y \eta \beta s_2 p_2 \rho_2$ erhält man acht weitere Gleichungen, und durch Einsetzen von $p_1 p_2$ anstatt $s_1 s_2$ in den zwei ersten Gleichungen und der durch Permutation aus der ersten erhaltenen gewinnt man schliesslich die für die Strahlenvereinigung im Hauptstrahlenbündel giltigen optischen Invarianten. Von den 16 übrigen Gleichungen fallen jedoch vier weg, indem die Ableitungen

$$\frac{\partial^4 \varkappa}{\partial x_0^2 \partial y_0^2} \qquad \frac{\delta \partial^3 \varkappa}{\delta \xi_0 \partial x_0 \partial y_0^2} \qquad \frac{\delta \partial^3 \varkappa}{\delta \eta_0 \partial x_0^2 \partial y_0} \qquad \frac{\delta^2 \partial^2 \varkappa}{\delta \xi_0 \delta \eta_0 \partial x_0 \partial y_0}$$

durch je zwei Gleichungen bestimmt werden. Die aus diesen vier Gleichungspaaren resultirenden Beziehungen

$$\frac{\partial^3 \alpha}{\partial x \partial y^2} - \frac{\partial^3 \beta}{\partial x^2 \partial y} = -\frac{1}{s_1 s_2}\left(\frac{1}{s_1} - \frac{1}{s_2}\right) \qquad \frac{\delta \partial^2 \alpha}{\delta \xi \partial y^2} - \frac{\delta \partial^2 \beta}{\delta \xi \partial x \partial y} = -\frac{1}{s_2 p_1}\left(\frac{1}{s_1} - \frac{1}{s_2}\right)$$

$$\frac{\delta \partial^2 \alpha}{\delta \eta \partial x \partial y} - \frac{\delta \partial^2 \beta}{\delta \eta \partial x^2} = -\frac{1}{s_1 p_2}\left(\frac{1}{s_1} - \frac{1}{s_2}\right) \qquad \frac{\delta^2 \partial \alpha}{\delta \xi \delta \eta \partial y} - \frac{\delta^2 \partial \beta}{\delta \xi \delta \eta \partial x} = -\frac{1}{p_1 p_2}\left(\frac{1}{s_1} - \frac{1}{s_2}\right)$$

entstehen somit dadurch, dass der Ausdruck für $d\varkappa$ ein vollständiges Differential darstellt, was bei Normalenbündeln der Fall ist. Dieselben können daher auch unmittelbar durch successive Differentiationen und Variationen der für solche Strahlenbündel giltigen Beziehung

$$(1 - \beta^2)\frac{\partial \alpha}{\partial y} - (1 - \alpha^2)\frac{\partial \beta}{\partial x} - \alpha\beta\left(\frac{\partial \alpha}{\partial x} - \frac{\partial \beta}{\partial y}\right)$$

erhalten werden.

Die Strahlenvereinigung. Die in der Gleichung $\Delta p d^4 z = 0$ enthaltenen optischen Invarianten geben die Formeln für die *Aberrationen im centralen Objektstrahlenbündel.* Indem ich wie früher für die Beweise auf meine schon citirte Untersuchung hinweise, beschränke ich mich hier auf eine nackte Darstellung der wichtigsten Tatsachen betreffs der die Aberrationen im symmetrischen Strahlenbündel beherrschenden allgemeinen Constitution desselben. Sind $D_1 D_2 \sigma_1 \sigma_2$ Hauptkrümmungsradien und Bogenlängen der Hauptkrümmungslinien, so gelten im Coordinatensystem $p = q = s = 0$ wenn zur Abkürzung

$$\frac{d^2 D_1}{d\sigma_1^2} = \Phi_1 \qquad \frac{d^2 D_1}{d\sigma_2^2} = \Omega_1 \qquad \frac{d^2 D_2}{d\sigma_1^2} = \Omega_2 \qquad \frac{d^2 D_2}{d\sigma_2^2} = \Phi_2$$

gesetzt wird, die Beziehungen

$$\Phi_1 = \partial^{40} - 3r^3 \qquad \Omega_1 = \partial^{22} - rt^2 \qquad \Omega_2 = \partial^{22} - r^2 t \qquad \Phi_2 = \partial^{04} - 3t^3$$

wonach allgemein

$$\Omega_1 - \Omega_2 = rt(r - t)$$

ist. In Übereinstimmung mit der Terminologie der Krümmungsasymmetrien werden $\Phi_1 \Omega_2$ als der *direkte* bezw. *transversale Abflachungswert längs der ersten Krümmungslinie* bezeichnet, während $\Phi_2 \Omega_1$ die entsprechende Bedeutung für die zweite Krümmungslinie hat. Während nun diese Bezeichnungen bei der folgenden Untersuchung ausschliesslich für die brechende Fläche angewendet werden sollen, so kommen für die Strahlenbündel Grössen zur Verwendung, welche dieselben unabhängig von einer Wellenfläche bestimmen. Sind nämlich allgemein $\rho_1 \rho_2 w_1 w_2$ Hauptkrümmungsradien und Öffnungswinkel, und werden folgende Bezeichnungen eingeführt[1]

$$A_1 = -\frac{d^2 \rho_1}{dw_1^2} \qquad G_1 = -\frac{d^2 \rho_1}{dw_2^2} \qquad G_2 = -\frac{d^2 \rho_2}{dw_1^2} \qquad A_2 = -\frac{d^2 \rho_2}{dw_2^2}$$

so gelten, wenn $R_1 S_1 R_2 S_2$ die direkte bezw. transversale Asymmetrie längs einem demselben Strahlenbündel angehörigen und dem centralen Strahle unendlich nahe liegenden, in der ersten bezw. zweiten Symmetrieebene enthaltenen Strahle bezeichnen, die Beziehungen

$$A_1 = \frac{dR_1}{dw_1} = \frac{\Phi_1}{D_1^1} \qquad A_2 = \frac{dR_2}{dw_2} = \frac{\Phi_2}{D_2^1}$$

$$G_1 = \frac{dS_2}{dw_2} = \frac{\Omega_1}{D_1^2 D_2^2} \qquad G_1 - G_2 = \rho_2 - \rho_1 \qquad G_2 = \frac{dS_1}{dw_1} = \frac{\Omega_2}{D_1^2 D_2^2}.$$

Im astigmatischen symmetrischen Strahlenbündel haben beide kaustischen Flächen Kanten, wobei die Kante der ersten in der zweiten Symmetrieebene liegt und umgekehrt. Die Schnittlinie der ersten kaustischen Fläche mit der ersten

[1] Die sonst von mir angewendeten Bezeichnungen $A' C' C'' A''$ sind hier, um Verwechselungen mit den Projectionscoefficienten und mit den Werten des gebrochenen Strahlenbündels zu vermeiden, geändert worden.

Symmetrieebene hat mithin eine Spitze, welche vom centralen Strahl berührt wird. Der Krümmungsradius der Evolute dieser Schnittlinie ist an der Spitze, wo dieselbe die Evolute berührt, gleich A_1, und es hat A_2 die entsprechende Bedeutung für die zweite kaustische Fläche. Die Krümmungen der Kantlinien der ersten bezw. zweiten kaustischen Fläche sind

$$-\frac{G_2}{(\rho_2-\rho_1)^2} \qquad -\frac{G_1}{(\rho_2-\rho_1)^2}.$$

Im anastigmatischen symmetrischen Strahlenbündel, wo $G_1 = G_2$ ist und mit G bezeichnet wird, haben die kaustischen Flächen einen komplicirteren Bau, für welchen auf die citirte Untersuchung hingewiesen wird. Es soll nur schon hier bemerkt werden, dass die Verlaufstypen der Krümmungslinien in der Umgebung der Kreispunkte der Wellenflächen dieselben sind, wie die der Bildlinien, welche weiter unten ermittelt werden sollen.

Was die Terminologie betrifft, so nenne ich A_1 bezw. G_2 die *direkte* bezw. *transversale Aberration im ersten Hauptschnitte* und lasse $A_2 G_1$ die entsprechende Bedeutung für den zweiten Hauptschnitt haben. Im anastigmatischen Strahlenbündel, wo es demnach nur einen transversalen Aberrationswert giebt, haben die Differenzen $A_1 - A_2$ und $A_1 + A_2 - 6G$ eine besondere Bedeutung für die Strahlenvereinigung und führen die Namen *Astigmatismus*, besw. *Diagonalastigmatismus der Aberration.*

Allgemein ist

$$-\frac{1}{s_1} = \frac{\partial \alpha}{\partial x} + \lambda \frac{\partial a}{\partial y},$$

und man erhält durch zweimalige Differentiation

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2}\frac{1}{s_1} = \frac{A_1}{s_1^1} = -\frac{\partial^3 \alpha}{\partial x^3} \qquad \frac{\partial^2}{\partial y^2}\frac{1}{s_1} = \frac{G_1}{s_1^1 s_2^2} = -\frac{\partial^3 \alpha}{\partial x \partial y^2}$$

Bildet man nun die optischen Invarianten

$$\Delta \mu \left\{ \frac{3}{\rho_1^2}\left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{s_1}\right) - \frac{\partial^4 \chi}{\partial x_0^4} \right\} = 0 \qquad \Delta \mu \left\{ \frac{1}{\rho_1 \rho_2}\left(\frac{1}{\rho_2} - \frac{1}{s_2}\right) - \frac{\partial^4 \chi}{\partial x_0^2 \partial y_0^2} \right\} = 0$$

und durch Permutation die beiden entsprechenden, so erhält man die *optischen Invarianten der Aberrationswerte* in der Form

$$\Delta \mu \left\{ \frac{A_1}{s_1^1} - \frac{3}{s_1}\left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{s_1}\right)^2 \quad \Phi_1 \right\} = 0$$

$$\Delta \mu \left\{ \frac{G_1}{s_1^2 s_2^2} - \left(\frac{1}{\rho_2} - \frac{1}{s_2}\right)\left(\frac{1}{\rho_1 s_2} - \frac{1}{s_1^2}\right) - \Omega_1 \right\} = 0.$$

Die entsprechenden Werte für das Hauptstrahlenbündel erhält man, indem $p_1 p_2$ anstatt $s_1 s_2$ eingesetzt werden. Dieselben werden mit $A_{p_1} \ldots$ bezeichnet.

Die singulären Fälle, wo ein Fokalpunkt auf der brechenden Fläche liegt, werden durch Division der Invariante mit der zur entsprechenden Potenz erhöhten, für

diesen speciellen Fall giltigen optischen Invariante $\Delta \frac{\mu}{s_n} = 0$ behandelt. So erhält man für $s_1 = 0$:

$$\Delta \frac{A_1}{\mu^3} = 0 \qquad \Delta \frac{1}{\mu} \left(\frac{G_1}{s_2^2} + \frac{1}{\rho_2} - \frac{1}{s_2} \right) = 0 \qquad \Delta \frac{1}{\mu} \left(\frac{G_2}{s_2^2} + \frac{1}{\rho_2} \right) = 0$$

Die Asymmetrienwerte in nächstliegenden Strahlenbündeln ergeben sich aus den in der Gleichung $\Delta \mu \delta d^3 \varkappa = 0$ enthaltenen optischen Invarianten. Es mögen nunmehr $\sigma_1 \sigma_2$ die Bogenlängen der Schnittlinien der ersten bezw. zweiten Bildfläche mit der ersten bezw. zweiten Symmetrieebene, $R\,S$ allgemein die direkte bezw. transversale Asymmetrie eines Objektstrahlenbündels bezeichnen. Es stellen dann $\frac{\delta R}{\delta \sigma_1} \frac{\delta S}{\delta \sigma_1}$ die *Variationscoefficienten der direkten bezw. transversalen Asymmetrie in der ersten Symmetrieebene* dar, und es haben $\frac{\delta R}{\delta \sigma_2} \frac{\delta S}{\delta \sigma_2}$ die entsprechende Bedeutung für die zweite Symmetrieebene. Diese Grössen geben also an, um wie viel die Asymmetrienwerte zunehmen, wenn man vom centralen Strahle auf einen naheliegenden Hauptstrahl übergeht.

Auf ähnliche Weise wie oben erhält man

$$\frac{\delta \partial}{\delta \sigma_1 \partial x} \frac{1}{s_1} \cdot \frac{\delta \sigma_1}{\delta \xi} = - \frac{\delta \partial^2 \alpha}{\delta \xi \partial x^2} \qquad \frac{\delta \partial}{\delta \sigma_2 \partial y} \frac{1}{s_1} \cdot \frac{\delta \sigma_2}{\delta \eta} = - \frac{\delta \partial^2 \alpha}{\delta \eta \partial x \partial y}$$

worin

$$\frac{\delta \partial}{\delta \sigma_1 \partial x} \frac{1}{s_1} = \frac{1}{s_1^3} \frac{\delta R}{\delta \sigma_1} \qquad \frac{\delta \sigma_1}{\delta \xi} = 1 - \frac{s_1}{p_1} \qquad \frac{\delta \sigma_2}{\delta \eta} = 1 - \frac{s_2}{p_2} \qquad \frac{\delta \partial}{\delta \sigma_2 \partial y} \frac{1}{s_1} = \frac{1}{s_1^2 s_2} \frac{\delta S}{\delta \sigma_2}$$

ist. Die Gleichungen

$$\Delta \mu \left\{ \frac{3}{\rho_1^2} \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{s_1} \right) - \frac{\delta \partial^3 \varkappa}{\delta \xi_0 \partial x_0^3} \right\} = 0 \qquad \Delta \mu \left\{ \frac{1}{\rho_1 \rho_2} \left(\frac{1}{\rho_2} - \frac{1}{s_2} \right) - \frac{\delta \partial^3 \varkappa}{\delta \eta_0 \partial x_0^2 \partial y_0} \right\} = 0$$

und die beiden durch Permutation aus denselben erhaltenen ergeben die *optischen Invarianten der Variationscoefficienten der Asymmetrienwerte* in der Form

$$\Delta \mu \left\{ \frac{1}{s_1^2} \left(\frac{1}{s_1} - \frac{1}{p_1} \right) \frac{\delta R}{\delta \sigma_1} - \frac{3}{s_1} \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{s_1} \right) \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{p_1} \right) - \Phi_1 \right\} = 0$$

$$\Delta \mu \left\{ \frac{1}{s_1^2} \left(\frac{1}{s_2} - \frac{1}{p_2} \right) \frac{\delta S}{\delta \sigma_2} - \left(\frac{1}{\rho_2} - \frac{1}{p_2} \right) \left(\frac{1}{\rho_1 s_2} - \frac{1}{s_1^2} \right) - \Omega_1 \right\} = 0 .$$

Die Krümmungen der Bildflächen. Die in der Gleichung $\Delta \mu \delta^2 d^2 \varkappa = 0$ enthaltenen optischen Invarianten geben die Variationscoefficienten zweiter Ordnung der Schnittweiten und der Lage der Hauptschnitte. Erstere Coefficienten werden derart angewendet, dass aus denselben die Krümmungen der Bildflächen berechnet werden. Ist k der längs einem Hauptstrahle gemessene Abstand der ersten Bildfläche von der im Incidenzpunkt belegenen Hauptstrahlenwellenfläche, und sind

$\xi_1\,\eta_{11}\,\zeta_1$ Coordinaten auf der Bildfläche, so erhält man durch Variation der Gleichung $\delta k = \alpha\,\delta\xi_1 + \beta\,\delta\eta_{11} + \gamma\,\delta\zeta_1$ zunächst:

$$\delta^2 k = \delta\alpha\,\delta\xi_1 + \delta\beta\,\delta\eta_{11} + \delta^2\zeta_1 .$$

Auf ähnliche Weise wie oben ergiebt sich

$$\delta^2\frac{1}{s_1} = -\,\delta^2\frac{\partial\alpha}{\partial x},$$

wo $\delta^2\frac{1}{s_1} = -\frac{1}{s_1^2}\delta^2 k$, mithin

$$\delta^2\frac{\partial\alpha}{\partial x} = \frac{1}{s_1^2}(\delta\alpha\,\delta\xi_1 + \delta\beta\,\delta\eta_{11} + \delta^2\zeta_1)$$

ist. Werden nun die Krümmungsradien der Schnittlinien der Bildfläche mit der ersten bezw. zweiten Symmetrieebene mit ρ_{11} bezw. ρ_{12} bezeichnet und ausnahmsweise dann positiv gerechnet, wenn die convexe Seite der Linie der Richtung wachsender Z zugekehrt ist, so ist

$$\delta^2\zeta_1 = -\frac{1}{\rho_{11}}\left(\frac{\partial\xi_1}{\partial\xi}\right)^2\delta\xi^2 - \frac{1}{\rho_{12}}\left(\frac{\partial\eta_{11}}{\partial\eta}\right)^2\delta\eta^2 ,$$

und es resultirt:

$$\frac{1}{\rho_{11}}\left(\frac{1}{s_1}-\frac{1}{p_1}\right)^2 + \frac{1}{s_1 p_1}\left(\frac{1}{s_1}-\frac{1}{p_1}\right) = -\frac{\delta^2\partial\alpha}{\delta\xi^2\partial x} \qquad \frac{1}{\rho_{12}}\left(\frac{1}{s_1}-\frac{1}{p_2}\right)^2 + \frac{1}{s_1 p_2}\left(\frac{1}{s_1}-\frac{1}{p_2}\right) = -\frac{\delta^2\partial\alpha}{\delta\eta^2\partial x} .$$

Bildet man nun die optischen Invarianten

$$\Delta\,y\left\{\frac{3}{\rho_1^2}\left(\frac{1}{\rho_1}-\frac{1}{s_1}\right) - \frac{\delta^2\partial^2\varkappa}{\delta\xi_0^2\,\partial x_0^2}\right\} = 0 \qquad \Delta\,y\left\{\frac{1}{\rho_1\rho_2}\left(\frac{1}{\rho_1}-\frac{1}{s_1}\right) - \frac{\delta^2\partial^2\varkappa}{\delta\eta_0^2\,\partial x_0^2}\right\} = 0$$

so erhält man die *optischen Invarianten der Bildflächenkrümmungen*

$$\Delta\,y\left\{\left(\frac{1}{\rho_{11}}+\frac{1}{\rho_1}\right)\left(\frac{1}{s_1}-\frac{1}{p_1}\right)^2 - \frac{3}{s_1}\left(\frac{1}{\rho_1}-\frac{1}{p_1}\right)^2 - \Phi_1\right\} = 0$$

$$\Delta\,y\left\{\frac{1}{\rho_{12}}\left(\frac{1}{s_1}-\frac{1}{p_2}\right)^2 - \left(\frac{1}{\rho_2 s_1}-\frac{1}{p_2^2}\right)\left(\frac{1}{\rho_1}-\frac{1}{s_1}\right) - \Omega_2\right\} = 0$$

nebst den analogen Gleichungen für die Krümmungsradien $\rho_{21}\,\rho_{22}$ der Schnittlinien der zweiten Bildfläche mit der ersten bezw. zweiten Symmetrieebene.

Die Bildlinien. In symmetrischen Systemen sind die u-Linien eines in der Nähe des centralen Strahles belegenen Bildflächenelementes, welches von der ersten Symmetrieebene geschnitten wird, allgemein v-Linien in Bezug auf die zweite Symmetrieebene. Die beiden Liniensysteme können demnach am besten als u-Linien in Bezug auf die erste bezw. zweite Symmetrieebene oder *Bildlinien des ersten* bezw. *zweiten Systems* bezeichnet werden, je nachdem dieselben die erste oder die zweite Symmetrieebene schneiden. Wenn allgemein ρ den Krümmungsradius einer solchen Bildlinie im Schnittpunkte mit der Symmetrieebene darstellt, so geben die Grössen $\frac{\delta}{\delta\sigma_1}\frac{1}{\rho}$

bezw. $\frac{\partial}{\partial \sigma_2}\frac{1}{\rho}$ die Mittel zur Beurteilung des Verlaufs der Bildlinien in der Umgebung der Schnittpunkte der Bildflächen mit dem centralen Strahle ab.

Die bei einfacher Asymmetrie giltige Gleichung

$$\frac{\cos\varphi_i}{\cos i}\frac{\tau}{\rho_u}\left(\frac{1}{\tau}-\frac{1}{\varsigma}\right)\left(\frac{1}{\tau}-\frac{1}{q}\right)=\frac{\partial\beta}{\partial\eta\,\partial x}$$

ergiebt, auf die erste Symmetrieebene angewendet, durch Variation nach ξ und nach Einführung der Bedingungen eines symmetrischen Systems

$$\frac{\partial}{\partial\sigma_1}\frac{1}{\rho}\left(\frac{1}{s_1}-\frac{1}{s_2}\right)\left(1-\frac{s_1}{p_1}\right)\left(1-\frac{s_1}{p_2}\right)=\frac{\partial^2\beta}{\partial\xi\,\partial\eta\,\partial x},$$

indem $\frac{\partial\sigma_1}{\partial\xi}=1-\frac{s_1}{p_1}$ ist. Durch Permutation erhält man

$$\frac{\partial}{\partial\sigma_2}\frac{1}{\rho}\left(\frac{1}{s_1}-\frac{1}{s_2}\right)\left(1-\frac{s_2}{p_1}\right)\left(1-\frac{s_2}{p_2}\right)=-\frac{\partial^2\alpha}{\partial\xi\,\partial\eta\,\partial y}$$

wonach aus der oben ermittelten Beziehung der beiden rechts stehenden Grössen zu einander die Relation

$$\frac{\partial}{\partial\sigma_1}\frac{1}{\rho}\left(1-\frac{s_1}{p_1}\right)\left(1-\frac{s_1}{p_2}\right)+\frac{\partial}{\partial\sigma_2}\frac{1}{\rho}\left(1-\frac{s_2}{p_1}\right)\left(1-\frac{s_2}{p_2}\right)=\frac{1}{p_1p_2}$$

hervorgeht, welche das Liouville'sche Gesetz für die entsprechenden auf der Hauptstrahlenwellenfläche verlaufenden Linien darstellt. Diese erhält man nämlich, wenn in der allgemeinen Deduktion $\delta\frac{\partial\xi}{\partial\eta}$ für $\delta\frac{\partial\xi_1}{\partial\eta_1}$ angewendet wird.[1] Dass dieselben nicht durch Hauptstrahlenflächen in die Bildlinien projicirt werden können, erhellt unmittelbar daraus, dass sie längs einem und demselben Hauptstrahle gemeinsame Tangentialebene mit den Bildlinien haben, was nicht bei den Schnittlinien der Hauptstrahlenflächen mit der Wellenfläche und der Bildfläche der Fall ist.

Die optische Invariante

$$\Delta\mu\left\{\frac{\partial^2\partial^2\varkappa}{\partial\xi_0\partial\eta_0\partial x_0\partial y_0}-\frac{1}{\rho_1\rho_2}\left(\frac{1}{\rho_1}-\frac{1}{s_1}\right)\right\}=0$$

ergiebt, wenn der oben angegebene Wert der Ableitung von $\varkappa$ zuerst permutirt wird, die *optische Invariante der Distorsion der Bildlinien:*

$$\Delta\mu\left\{\frac{\partial}{\partial\sigma_1}\frac{1}{\rho}\left(\frac{1}{s_1}-\frac{1}{s_2}\right)\left(1-\frac{s_1}{p_1}\right)\left(1-\frac{s_1}{p_2}\right)+\left(\frac{1}{\rho_2 s_1}-\frac{1}{s_2p_2}\right)\left(\frac{1}{\rho_1}-\frac{1}{p_1}\right)+\Omega_2\right\}=0,$$

welche für das erste System gilt. Den entsprechenden Wert für das zweite System entnimmt man am besten aus der oben angegebenen Beziehung, oder man kann gegebenen Falles die Invariante permutiren.

[1] S. 50.

Sämmtliche singuläre Fälle, wo ein Fokalpunkt des Objekt- oder Hauptstrahlenbündels auf die brechende Fläche fällt, werden in den angegebenen Invariantengleichungen unschwer auf gewöhnliche Weise behandelt.

Der Fall $s_1 - s_2 = 0$ erfordert aber eine specielle Untersuchung des Verlaufes der Bildlinien.

Die schon angewendete allgemeine Differentialgleichung der Bildlinien

$$\frac{\partial\beta}{\partial x}\delta\eta_m^2 + \left(\frac{\partial\alpha}{\partial x} - \frac{\partial\beta}{\partial y}\right) l\delta\xi_m\delta\eta_m - \frac{\partial\alpha}{\partial y} l^2\delta\xi_m^2 + m\delta\xi_m(u) = 0,$$

in welcher für symmetrische Systeme

$$l = 1 \qquad m = (u) = 0 \qquad \delta l - \delta m = \delta(u) = 0$$

ist, und in welcher, da es sich nur um die Differentialquotienten erster Ordnung handelt, $\xi_m\eta_m$ durch die beiden Bildflächen gemeinsamen Coordinaten $\xi_1\eta_1$ ersetzt werden können, ergiebt durch zweimalige Variation nach $\xi_1\eta_1$:

$$2\frac{\delta^2\partial\beta}{\delta\xi\delta\eta_1\partial x}\frac{\delta\xi}{\delta\xi_1}\frac{\delta\eta_1}{\delta\eta_1}\delta\xi_1\delta\eta_1^3 + \left(\frac{\delta^2\partial\alpha}{\delta\xi^2\partial x} - \frac{\delta^2\partial\beta}{\delta\xi^2\partial y}\right)\left(\frac{\delta\xi}{\delta\xi_1}\right)^2\delta\xi_1^3\delta\eta_1 +$$

$$+ \left(\frac{\delta^2\partial\alpha}{\delta\eta_1^2\partial x} - \frac{\delta^2\partial\beta}{\delta\eta_1^2\partial y}\right)\left(\frac{\delta\eta_1}{\delta\eta_1}\right)^2\delta\xi_1\delta\eta_1^3 - 2\frac{\delta^2\partial\alpha}{\delta\xi\delta\eta_1\partial y}\frac{\delta\xi}{\delta\xi_1}\frac{\delta\eta_1}{\delta\eta_1}\delta\xi_1^3\delta\eta_1 = 0,$$

in welcher Gleichung

$$-\left(\frac{\delta^2\partial\alpha}{\delta\xi^2\partial x} - \frac{\delta^2\partial\beta}{\delta\xi^2\partial y}\right)\left(\frac{\delta\xi}{\delta\xi_1}\right)^2 = \frac{1}{s^2}\left(\frac{1}{\rho_{11}} - \frac{1}{\rho_{21}}\right) \qquad \left(\frac{\delta^2\partial\alpha}{\delta\eta_1^2\partial x} - \frac{\delta^2\partial\beta}{\delta\eta_1^2\partial y}\right)\left(\frac{\delta\eta_1}{\delta\eta_1}\right)^2 = \frac{1}{s^2}\left(\frac{1}{\rho_{22}} - \frac{1}{\rho_{12}}\right)$$

ist, so dass, wenn zur Abkürzung

$$\frac{\delta^2\partial\beta}{\delta\xi\delta\eta_1\partial x} - \frac{\delta^2\partial\alpha}{\delta\xi\delta\eta_1\partial y} = \Psi$$

gesetzt wird, die Gleichung

$$\operatorname{tg}^2\omega = \frac{2\Psi + \left(\frac{1}{\rho_{11}} - \frac{1}{\rho_{21}}\right)\left(\frac{1}{s} - \frac{1}{p_1}\right)\left(\frac{1}{s} - \frac{1}{p_2}\right)}{2\Psi + \left(\frac{1}{\rho_{22}} - \frac{1}{\rho_{12}}\right)\left(\frac{1}{s} - \frac{1}{p_1}\right)\left(\frac{1}{s} - \frac{1}{p_2}\right)}$$

für die Orientation der ausser der Schnittlinien der Bildflächen mit der entsprechenden Symmetrieebene unter endlicher geodätischer Krümmung in den singulären Punkt eintretenden Bildlinien erhalten wird.

Die bei der Untersuchung einfach asymmetrischer singulärer Bildpunkte angewendete Gleichung

$$\rho_m\frac{\delta\partial\beta}{\delta\eta_1\partial x} = -\frac{\tau\cos\varphi_1}{\cos i}\left(\frac{1}{\tau} - \frac{1}{q}\right)\left(\frac{\partial\alpha}{\partial x} - \frac{\partial\beta}{\partial y}\right)$$

ergiebt durch zweimalige Variation nach ξ für ein symmetrisches System:

$$2\frac{\delta\rho}{\delta\sigma_1}\frac{\delta^2\partial\beta}{\delta\xi\delta\eta_1\partial x}\frac{\delta\sigma_1}{\delta\xi} = -\left(1 - \frac{s}{p_2}\right)\left(\frac{\delta^2\partial\alpha}{\delta\xi^2\partial x} - \frac{\delta^2\partial\beta}{\delta\xi^2\partial y}\right)$$

oder nach Einsetzen der bezüglichen Werte:

$$\frac{\delta\rho}{\delta\sigma_1} = \frac{\left(\frac{1}{\rho_{11}}-\frac{1}{\rho_{21}}\right)\left(\frac{1}{s}-\frac{1}{p_1}\right)\left(\frac{1}{s}-\frac{1}{p_2}\right)}{2\Psi},$$

wonach durch Permutation

$$\frac{\delta\rho}{\delta\sigma_2} = \frac{\left(\frac{1}{\rho_{22}}-\frac{1}{\rho_{12}}\right)\left(\frac{1}{s}-\frac{1}{p_1}\right)\left(\frac{1}{s}-\frac{1}{p_2}\right)}{2\Psi},$$

und schliesslich die Gleichung

$$\operatorname{tg}^2\omega = \frac{1+\frac{\delta\rho}{\delta\sigma_1}}{1+\frac{\delta\rho}{\delta\sigma_2}}$$

erhalten wird.

Identisch dieselbe Gleichung gilt bei Vorhandensein von zwei Symmetrieebenen für die Hauptkrümmungslinien in Kreispunkten einer Fläche, so dass die Untersuchung der Verlaufstypen identisch dieselbe ist, weshalb ich mich auch hier auf die Anführung der Resultate beschränke.

Aus dem Vorhandensein der zwei Symmetrieebenen folgt, dass die in den singulären Bildpunkt eintretenden Bildlinien stets auf einer und derselben Bildfläche bleiben. Während aber im allgemeinen Falle die erste Bildfläche eine u-Fläche in Bezug auf Strahlenbündel darstellt, deren Hauptstrahlen in der ersten Symmetrieebene liegen, eine v-Fläche dagegen in Bezug auf Strahlenbündel, deren Hauptstrahlen in der zweiten Symmetrieebene verlaufen, so kann es beim singulären Bildpunkte vorkommen, dass eine und dieselbe Bildfläche in Bezug auf beide Categorien von Strahlenbündeln die u-Fläche — die andere Bildfläche mithin die v-Fläche — darstellt, wobei die Schnittlinien ersterer mit den Symmetrieebenen die Krümmungsradien $\rho_{11}\,\rho_{22}$, während die Schnittlinien letzterer dagegen die Krümmungsradien $\rho_{21}\,\rho_{12}$ haben. Ich nenne deshalb im singulären Bildpunkte diejenige Bildfläche die erste, welche in Bezug auf Strahlenbündel, deren Hauptstrahlen in der ersten Symmetrieebene liegen, eine u-Fläche ist.

Es ergiebt sich nun für den *Verlauf der Bildlinien in der Umgebung des singulären Bildpunktes* folgendes. (S. Fig. 2, wo beide Liniensysteme, auf die gemeinsame Tangentialebene der Bildflächen projicirt, dargestellt sind.)

Bei $\frac{\delta\rho}{\delta\sigma_1}<0$ $\frac{\delta\rho}{\delta\sigma_2}<0$ ist die erste Bildfläche eine u-Fläche in Bezug auf beide Symmetrieebenen, und die auf derselben verlaufenden Bildlinien stellen geschlossene Curven dar, deren Centrum der singuläre Bildpunkt darstellt. Auf der anderen Bildfläche sind die Schnittlinien mit der Symmetrieebenen Bildlinien. Bei $\left(1+\frac{\delta\rho}{\delta\sigma_1}\right)\left(1+\frac{\delta\rho}{\delta\sigma_2}\right)<0$ treten keine anderen Bildlinien unter endlicher Krümmung in den Bildpunkt ein, sondern die übrigen v-Linien schmiegen sich derjenigen an, für welche $\frac{\delta\rho}{\delta\sigma}>-1$ ist. (N:o 1.)

Bei $\left(1+\frac{\delta\rho}{\delta\sigma_1}\right)\left(1+\frac{\delta\rho}{\delta\sigma_2}\right)>0$ treten ausserdem noch zwei symmetrisch orientirte Bildlinien unter endlicher Krümmung in den Bildpunkt ein, und die übrigen v-Linien schmiegen sich, falls $\frac{\delta\rho}{\delta\sigma}>-1$ ist, den in den Symmetrieebenen liegenden, im entgegengesetzten Falle den beiden anderen Bildlinien an. (N:o 2.) Im Falle $\frac{\delta\rho}{\delta\sigma_1}=\frac{\delta\rho}{\delta\sigma_2}=-1$ können die Bildflächen Umdrehungsflächen sein, wobei die u-Linien Kreise darstellen, und die v-Linien von allen Seiten her in den Bildpunkt einstrahlen.

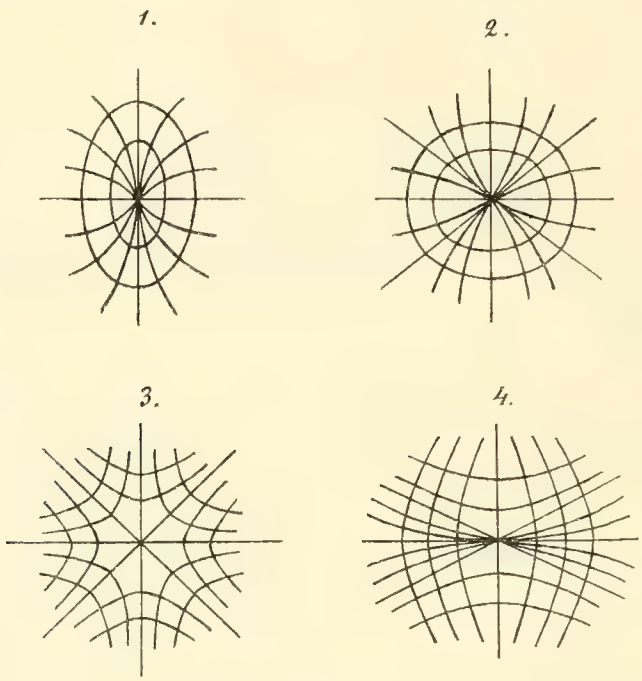


Fig. 2.

Bei $\frac{\delta\rho}{\delta\sigma_1}>0$ $\frac{\delta\rho}{\delta\sigma_2}>0$ sind die Schnittlinien der zweiten Bildfläche mit den Symmetrieebenen Bildlinien, und es treten zwei auf der ersten Bildfläche verlaufende Bildlinien unter endlicher Krümmung in den Bildpunkt ein. Die erste Bildfläche ist in Bezug auf beide Symmetrieebenen eine u-Fläche, der Verlaufstypus der Bildlinien ein ausbiegender. (N:o 3.)

Bei $\frac{\delta\rho}{\delta\sigma_1}\frac{\delta\rho}{\delta\sigma_2}<0$ ist die erste Bildfläche eine v-Fläche in Bezug auf die zweite Symmetrieebene, deren Schnittlinie mit derselben eine Bildlinie darstellt, während die in der ersten Symmetrieebene verlaufende Bildlinie auf der zweiten Bildfläche liegt. Der Verlaufstypus der Bildlinien ist auf der einen Bildfläche ein ausbiegender, auf der anderen ein umbiegender. Ist für die eine Symmetrieebene $-1<\frac{\delta\rho}{\delta\sigma}<0$ so treten noch zwei Bildlinien unter endlicher Krümmung in den singulären Bildpunkt

ein. Dieselben liegen dann auf derjenigen Bildfläche, deren Schnittlinie mit der fraglichen Symmetrieebene eine Bildlinie darstellt, und bilden einen kleineren Winkel als $\frac{\pi}{4}$ mit dieser. Die bezüglichen, innerhalb dieser Winkel verlaufenden v-Linien schmiegen sich der in der betreffenden Symmetrieebene liegenden an. (N:o 4.)

Bei $\Psi = 0$ haben die in der Nähe des singulären Bildpunktes verlaufenden Bildlinien eine endliche Krümmung, und der Verlaufstypus unterscheidet sich nicht von dem im allgemeinen Falle. Ist endlich einer der Differentialquotienten $\frac{\partial \rho}{\partial \sigma}$ gleich Null, so ist eine singuläre Bildlinie denkbar.

Hiermit sind also die Mittel angegeben worden, die Fälle anastigmatischer Brechung zu behandeln. Man hat nur, wenn nach einer Brechung $s_1 = s_2$ ist, in der optischen Invariante der Distorsion der Bildlinien den Ausdruck

$$\frac{\partial}{\partial \sigma_1} \frac{1}{\rho} \left(\frac{1}{s_1} - \frac{1}{s_2} \right)$$

durch den Ausdruck

$$\frac{\frac{1}{\rho_{11}} - \frac{1}{\rho_{21}}}{2 s^2 \frac{\partial \rho}{\partial \sigma_1}}$$

zu ersetzen. Die singulären Fälle, wo ein Fokalpunkt des Hauptstrahlenbündels oder der Fokalpunkt des centralen Objektstrahlenbündels auf die brechende Fläche fällt, lassen sich ohne weiteres auf gewöhnliche Weise behandeln.

Die optische Projection. Bei Vorhandensein von zwei Symmetrieebenen fallen die beiden Coordinatensysteme $q = \alpha = \beta = 0$ mit dem Coordinatensystem $p = q = \beta = 0$ zusammen. Die allgemeinen Normalengleichungen ergeben nach dreimaliger Differentiation, wenn $\xi \eta \zeta$ laufende Coordinaten der Normale, xyz Coordinaten an der Fläche sind:

$$d\xi = \left(1 - \zeta \frac{\partial^2 z}{\partial x^2}\right) dx \qquad d^2\xi = \left(1 - \zeta \frac{\partial^2 z}{\partial x^2}\right) d^2x$$

$$d^3\xi \cdot \left(1 - \zeta \frac{\partial^2 z}{\partial x^2}\right) d^3x = -3 \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} (d^2\zeta - d^2 z)\, dx - \zeta \left(\frac{\partial^4 z}{\partial x^4} dx^3 + 3 \frac{\partial^4 z}{\partial x^2 \partial y^2} dx\, dy^2 \right) =$$

$$= -\left\{ \zeta \frac{\partial^4 z}{\partial x^4} - 3 \left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \right)^2 + 3 \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \frac{\partial^2 \zeta}{\partial \xi^2} \left(\frac{d\xi}{dx} \right)^2 \right\} dx^3 - 3 \left\{ \zeta \frac{\partial^4 z}{\partial x^2 \partial y^2} - \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \frac{\partial^2 \zeta}{\partial \eta^2} \left(\frac{d\eta}{dy} \right)^2 \right\} dx\, dy^2$$

wobei der Anfangspunkt des Coordinatensystems an die fragliche Fläche verlegt, und die Untersuchung der Projection auf Linien beschränkt worden ist, welche auf Flächen verlaufen, deren Tangentialebene senkrecht auf dem Hauptstrahl steht. Die entsprechenden Werte für $d\eta\, d^2\eta\, d^3\eta$ erhält man einfach durch Permutation.

Handelt es sich nun darum, eine Linie zu projiciren, welche im ersten Medium auf einer im Abstande d von der ersten brechenden Fläche belegenen Fläche verläuft, deren Tangentialebene senkrecht auf dem centralen Strahle steht, und deren Schnittlinien mit den Symmetrieebenen die Krümmungsradien $r_1 r_2$ haben, so hat man zunächst, wenn $\xi_1 \eta_1 \zeta_1$ Coordinaten an dieser Fläche, xyz Coordinaten an der durch den Schnittpunkt des centralen Strahles mit derselben gelegten Hauptstrahlenwellenfläche darstellen, für die Projection der Linie auf letztgenannte Fläche $\zeta = 0$ zu setzen und erhält, da

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = \frac{1}{p_1 + d} \qquad \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = \frac{1}{p_2 + d}$$

ist:

$$d^3 x = \frac{3}{p_1 + d}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{p_1 + d}\right) d\xi_1^3 + \frac{3}{p_1 + d}\left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{p_2 + d}\right) d\xi_1 d\eta_1^2 ,$$

sowie den analogen Wert für $d^3 y$.

Die Projection auf die im Incidenzpunkte an der brechenden Fläche belegene Hauptstrahlenwellenfläche geschieht demnächst, indem

$$\zeta = d \qquad \frac{\partial^2 \zeta}{\partial \xi^2} = \frac{1}{p_1} \qquad \frac{\partial^2 \zeta}{\partial \eta^2} = \frac{1}{p_2} \qquad \frac{\partial^4 z}{\partial x_4} = \frac{A_{p_1}}{(p_1 + d)^4} + \frac{3}{(p_1 + d)^3}$$

$$\frac{\partial^4 z}{\partial x^2 \partial y^2} = \frac{G_{p_1}}{(p_1 + d)^2 (p_2 + d)^2} + \frac{1}{(p_1 + d)(p_2 + d)^2} = \frac{G_{p_2}}{(p_1 + d)^2 (p_2 + d)^2} + \frac{1}{(p_1 + d)^2 (p_2 + d)}$$

gesetzt wird. Für die Brechung erhält man durch die Gleichung $\xi_0 - \xi = \varkappa \alpha$

$$\delta^3 \xi_0 = \delta^3 \xi + 3\, \delta^2 \varkappa\, \delta \alpha$$

d. h. *die Differentialinvariante dritter Ordnung*

$$\Delta \left\{ d^3 \xi - \frac{3}{p_1}\left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{p_1}\right) d\xi^3 - \frac{3}{p_1}\left(\frac{1}{\rho_2} - \frac{1}{p_2}\right) d\xi\, d\eta^2 \right\}$$

nebst dem analogen Werte für $d^3 \eta$. Durch wechselweise Anwendung dieser Gleichungen und der Normalengleichungen gelangt man schliesslich zur Kenntnis der Differentialquotienten dritter Ordnung in der Gleichung der Projection der Linie.

Ist die zu projicirende Linie oder die Fläche, auf welche die Projection erfolgen soll, unendlich weit entfernt, so müssen die Öffnungswinkel an die Stelle der Coordinaten treten, was am besten auf folgende Weise geschieht. Es sollen $t_1 t_2$ die Tangenten der Winkel bezeichnen, welche die Projectionen eines Hauptstrahles auf die erste bezw. zweite Symmetrieebene mit dem centralen Strahle bilden. Man hat dann:

$$dt_1 = \frac{d\xi}{p_1} \qquad d^2 t_1 = \frac{d^2 \xi}{p_1}$$

$$d^3 t_1 = \frac{d^3 \xi}{p_1} + \left(\frac{A_{p_1}}{p_1^4} + \frac{3}{p_1^3}\right) d\xi^3 + 3\left(\frac{G_{p_1}}{p_1^2 p_2^2} + \frac{1}{p_1 p_2^2}\right) d\xi\, d\eta^2$$

und nach Umkehrung der Funktionen

$$d^3\xi = p_1 d^3 t_1 - (A_{p_1} + 3p_1) dt_1^3 - 3(G_{p_1} + p_1) dt_1 dt_2^2$$

nebst den analogen Ausdrücken für t_2 und η. Durch diese Beziehungen können somit die Öffnungswinkel an der Stelle der Coordinaten und umgekehrt eingeführt werden. Dieselben dienen auch dazu, die Differentialinvarianten für die singulären Fälle zu ermitteln, wo ein Fokalpunkt des Hauptstrahlenbündels auf die brechende Fläche fällt. Ist z. B. $p_1 = 0$, so benutzt man die Differentialinvarianten nach Einführung der Öffnungswinkel in der Form

$$\Delta\left\{p_1 d^3 t_1 - \left(A_{p_1} + \frac{3p_1^2}{\rho_1}\right) dt_1^3 - 3\left(G_{p_2} + \frac{p_2^2}{\rho_2}\right) dt_1 dt_2^2\right\} = 0$$

$$\Delta\left\{p_2 d^3 t_2 - 3\left(G_{p_1} + \frac{p_1^2}{\rho_1}\right) dt_1^2 dt_2 - \left(A_{p_2} + \frac{3p_2^2}{\rho_2}\right) dt_2^3\right\} = 0,$$

wo in der ersten Gleichung G_{p_2} statt G_{p_1} eingeführt, und die zweite durch Permutation erhalten worden ist. Letztere ist unmittelbar nach Einsetzen von $p_1 = 0$ anzuwenden. Erstere wird, mit der optischen Invariante

$$\Delta\mathfrak{y}\left(\frac{1}{p_1} - \frac{1}{\rho_1}\right) = 0$$

multiplicirt, in der Form

$$\Delta\mathfrak{y}\left(1 - \frac{p_1}{\rho_1}\right)\left\{d^3 t_1 - \left(\frac{A_{p_1}}{p_1} + \frac{3p_1}{\rho_1}\right) dt_1^3 - 3\left(\frac{G_{p_2}}{p_1} + \frac{p_2^2}{p_1\rho_2}\right) dt_1 dt_2^2\right\} = 0$$

mit den beiden Gleichungen

$$\Delta\mathfrak{y}\left\{\frac{A_{p_1}}{p_1} - 3\left(1 - \frac{p_1}{\rho_1}\right)^2 - p_1^3 \Phi_1\right\} dt_1^3 = 0$$

$$\Delta 3\mathfrak{y}\left\{\frac{G_{p_2}}{p_1} - \left(1 - \frac{p_1}{\rho_1}\right)\left(1 - \frac{p_2^2}{p_1\rho_2}\right) - p_1 p_2^2 \Omega_2\right\} dt_1 dt_2^2 = 0,$$

welche durch Multiplikation der optischen Invarianten der Aberrationswerte mit den sowohl im allgemeinen Falle wie auch bei $p_1 = 0$ giltigen Invarianten $\Delta p_1^3 dt_1^3 = 0$ $\Delta p_1 p_2^2 dt_1 dt_2^2 = 0$ erhalten worden sind, summirt. Es resultirt eine allgemeingiltige Gleichung, in welcher p_1 nicht mehr in einem Nenner vorkommt, und welche für $p_1 = 0$ die gesuchte Differentialinvariante

$$\Delta\mathfrak{y}\left\{d^3 t_1 + \left(\frac{A_{p_1}}{\rho_1} - 3\right) dt_1^3 + 3\left(\frac{G_{p_2}}{\rho_1} - 1\right) dt_1 dt_2^2\right\} = 0$$

ergiebt. Die entsprechende für $p_2 = 0$ erhält man durch Permutation, und im Falle $p_1 = p_2 = 0$ gelten beide.

Hiermit sind also für das achsiale Bündel in symmetrischen Systemen die vollständigen Gesetze dritter Ordnung der *linearen Projection* gegeben. Die übrigen Gesetze der Projection werden, wie in einfach asymmetrischen Systemen, am besten im Zusammenhang mit der Abbildung untersucht.

Die Abbildung. Bei Vorhandensein von zwei Symmetrieebenen erfolgt die Abbildung von Linien, welche den centralen Strahl schneiden, so weit es sich um die Linienelemente im betreffenden Schnittpunkte handelt, unter vollständiger Strahlenvereinigung zweiter Ordnung, aber in messbarem Abstande von diesem Schnittpunkte gelten schon die Gesetze der einfach asymmetrischen Systeme, und die Abbildung erfolgt nur unter vollständiger Strahlenvereinigung erster Ordnung.

Aus denselben Gründen wie bei der Untersuchung der Abbildung in letztgenannten Systemen sollen auch hier die noch übrig gebliebenen Gesetze dritter Ordnung durch die Untersuchung der Projection auf die Fokalebenen ermittelt werden.

Werden die Coordinaten auf den Tangentialebenen der Bildflächen mit $\xi_1 \eta_1$ bezw. $\xi_2 \eta_2$ bezeichnet, so erhält man zunächst aus der auf die Hauptstrahlenwellenfläche angewendeten Normalengleichung:

$$\frac{d^3\xi_1}{s_1} = \left(\frac{1}{s_1} - \frac{1}{p_1}\right) d^3\xi - \left\{\frac{A_{p1}}{p_1^4} - \frac{3}{p_1^2}\left(\frac{1}{s_1} - \frac{1}{p_1}\right)\right\} d\xi^3 - 3\left\{\frac{G_{p2}}{p_1^2 p_2^2} - \frac{1}{p_1 p_2}\left(\frac{1}{s_1} - \frac{1}{p_1}\right)\right\} d\xi d\eta^2.$$

Die allgemeine Differentialvariante wird mit der optischen Invariante

$$\Delta\mu\left(\frac{1}{s_1} - \frac{1}{p_1}\right) = 0$$

multiplicirt:

$$\Delta\mu\left(\frac{1}{s_1} - \frac{1}{p_1}\right)\left\{d^3\xi - \frac{3}{p_1}\left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{p_1}\right) d\xi^3 - \frac{3}{p_1}\left(\frac{1}{\rho_2} - \frac{1}{p_2}\right) d\xi d\eta^2\right\} = 0,$$

wonach $d^3\xi_1$ statt $d^3\xi$ eingeführt wird. Von der so erhaltenen Gleichung werden die beiden Gleichungen

$$\Delta\mu\left\{\frac{A_{p1}}{p_1^4} - \frac{3}{p_1}\left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{p_1}\right)^2 - \Phi_1\right\} d\xi^3 = 0$$

$$\Delta 3\mu\left\{\frac{G_{p2}}{p_1^2 p_2^2} - \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{p_1}\right)\left(\frac{1}{\rho_2 p_1} - \frac{1}{p_2^2}\right) - \Omega_2\right\} d\xi d\eta^2 = 0$$

subtrahirt, wobei

$$\Delta\mu\left\{\frac{d^3\xi_1}{s_1} + \left\{\frac{3}{p_1}\left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{p_1}\right)^2 - \frac{3}{p_1\rho_1}\left(\frac{1}{s_1} - \frac{1}{p_1}\right) + \Phi_1\right\} d\xi^3 + 3\left\{\frac{1}{p_1\rho_2}\left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{s_1}\right) - \frac{1}{p_2^2}\left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{p_1}\right) + \Omega_2\right\} d\xi d\eta^2\right\} = 0$$

erhalten wird. Den entsprechenden Ausdruck für $d^3\eta_2$ erhält man durch Permutation. Werden diese Coordinaten auf den Tangentialebenen der Bildflächen mittels der Normalengleichungen durch Coordinaten auf der Hauptstrahlenwellenfläche ersetzt, so können die allgemeinen Differentialinvarianten unter Anwendung der Öffnungswinkel erhalten werden. Dieselben geben für den oben untersuchten singulären Fall $p_1 = 0$ nach leichter Umformung die dort deducirte Formel.

Auf dieselbe Weise können die Coordinaten auf den Bildflächen eingeführt werden, was jedoch höchstens ein rein theoretisches Interesse haben könnte, da ja

das Bild allgemein auf einer ebenen Fläche aufgefangen wird. Da nun weiter ein symmetrisches Instrument allgemein dazu dient, ein Bild auf der Ebene zu verschaffen, wo die Abbildung längs der Achse am besten ist, so leuchtet es ein, dass die Untersuchung der Projection auf andere Flächen als die Tangentialebenen der Bildflächen keinen Nutzen bringen könnte.

Die Durchrechnung des Systems mit diesen Formeln ergiebt ein Resultat von der Form

$$d\xi_1 = K_1 d\xi_0 \qquad d\eta_2 = K_2 d\eta_0$$

$$d^3\xi_1 = k_{11} d\xi_0^3 + 3k_{12} d\xi_0 d\eta_0^2 \qquad d^3\eta_2 = 3k_{21} d\xi_0^2 d\eta_0 + k_{22} d\eta_0^3$$

wo $\xi_0 \eta_0$ Coordinaten auf der senkrecht auf dem centralen Strahl stehenden Objektebene sind.

Die vier Grössen k beherrschen die Erscheinung der Distorsion, weshalb ich dieselben die Distorsionswerte nenne. Da $k_{11} = \frac{\partial^2 K_1}{\partial \xi_0^2}$ und $k_{12} = \frac{\partial^2 K_1}{\partial \eta_0^2}$ ist, so nenne ich dieselben den *direkten* bezw. *transversalen Distorsionswert des ersten Vergrösserungscoefficienten* und wende für $k_{22} k_{21}$ die entsprechende Terminologie an.

In der eben deducirten Gleichung ist

$$d\xi = \frac{p_1}{p_1 - s_1} d\xi_1 \qquad d\eta = \frac{p_2}{p_2 - s_2} d\eta_2 \qquad d\xi_1 = K_1 d\xi_0 \qquad d\eta_2 = K_2 d\eta_0$$

und man erhält, indem man einmal mit $d\xi_0^3$, einmal mit $d\xi_0 d\eta_0^2$ dividirt, und dann mit den optischen Invarianten $\Delta \frac{s_1}{p_1 K_1} = 0$ bezw. $\Delta \frac{s_2}{p_2 K_2} = 0$ multiplicirt, die *optischen Invarianten der Distorsionswerte:*

$$\Delta \left\{ \frac{k_{11}}{K_1} + \frac{K_1^2 s_1 p_1^3}{(p_1 - s_1)^3} \left(\frac{3}{p_1} \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{p_1} \right)^2 - \frac{3}{p_1 \rho_1} \left(\frac{1}{s_1} - \frac{1}{p_1} \right) + \Phi_1 \right) \right\} = 0$$

$$\Delta \left\{ \frac{k_{12}}{K_1} + \frac{K_2^2 s_1 p_1 p_2^2}{(p_1 - s_1)(p_2 - s_2)^2} \left(\frac{1}{p_1 \rho_2} \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{s_1} \right) - \frac{1}{p_2^2} \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{p_1} \right) + \Omega_2 \right) \right\} = 0$$

und die analogen Gleichungen für k_{21} k_{22}.

Die Grössen k_{12} k_{21} geben auf folgende Weise die den Verlauf der abbildbaren Linien bestimmenden Werte. Es sei auf der ersten Bildfläche

$$\xi_1 = \sigma_1 + \frac{\eta_1^2}{2\rho} + \cdots$$

die Gleichung einer in der Nähe des centralen Strahles die erste Symmetrieebene schneidenden Linie, und es sei $\frac{1}{\rho}$ eine Funktion des Abstandes σ_1 dieses Schnittpunktes vom centralen Strahle. Eine dreimalige Differentiation ergiebt für $\xi_1 = \eta_1 = \frac{1}{\rho} = 0$:

$$d^3\xi_1 = 3 \frac{d}{d\sigma_1} \frac{1}{\rho} \frac{(p_2' - s_1')^2}{(p_2' - s_2')^2} d\sigma_1 d\eta_2^2,$$

wo $\varepsilon_1' \cdots$ die im Bildraume geltenden Grössen bezeichnen. Auf dieselbe Weise erhält man für die Objektfläche, wenn $r\varsigma_1$ die entsprechende Bedeutung haben,

$$d^3\xi_0 = 3\frac{d}{d\varsigma_1}\frac{1}{r}d\varsigma_1 d\eta_0^v \ .$$

Da nun $d\sigma_1 = K_1 d\varsigma_1$ und $d\eta_2 = K_2 d\eta_0$ ist, so resultirt allgemein, indem für die Projection dieser Liniensysteme

$$d^3\xi_1 = 3k_{12}d\xi_0 d\eta_0^v + K_1 d^3\xi_0$$

zu setzen ist:

$$\frac{k_{12}}{K_1} = \frac{d}{d\sigma_1}\frac{1}{\rho}\frac{(p_2' - s_1')^2}{(p_2' - s_2')^2}K_2^2 - \frac{d}{d\varsigma_1}\frac{1}{r}$$

nebst dem analogen Werte für k_{21}. Handelt es sich nun darum, die Distorsion bei der Projection eines quadratischen Liniennetzes zu beurtheilen, so hat man nur $\frac{d}{d\varsigma_1}\frac{1}{r} = 0$ zu setzen. Um die den Verlauf der abbildbaren Linien bestimmenden Grössen zu erhalten, setzt man $\frac{\delta}{\delta\sigma_1}\frac{1}{\rho}$ anstatt $\frac{d}{d\sigma_1}\frac{1}{\rho}$ und erhält den betreffenden Wert $\frac{\delta}{\delta\varsigma_1}\frac{1}{r}$ bezw. durch Permutation $\frac{\delta}{\delta\varsigma_2}\frac{1}{r}$, welche Grössen sich somit auf die in der Nähe des centralen Strahles die erste bezw. zweite Symmetrieebene schneidenden u-Linien beziehen.

Im Falle anastigmatischer Brechung im Bildraume hat man in letzterer Gleichung $\frac{\delta}{\delta\sigma_1}\frac{1}{\rho}$ $\frac{\delta}{\delta\varsigma_1}\frac{1}{r}$ durch $-\frac{1}{\rho^2}\frac{\delta\rho}{\delta\sigma_1}$ $-\frac{1}{r^2}\frac{\delta r}{\delta\varsigma_1}$ zu ersetzen, wonach mit $\rho^2 r^2$ multiplicirt wird. Zwei successive Differentiationen ergeben dann unter Berücksichtigung, dass $d\sigma_1 = K_1 d\varsigma_1$ ist:

$$K_2^2\left(\frac{\delta r}{\delta\varsigma_1}\right)^2\frac{\delta\rho}{\delta\sigma_1} = K_1^2\left(\frac{\delta\rho}{\delta\sigma_1}\right)^2\frac{\delta r}{\delta\varsigma_1}$$

und somit:

$$\frac{\delta r}{\delta\varsigma_1} = \frac{K_1^2}{K_2^2}\frac{\delta\rho}{\delta\sigma_1} \ .$$

Die Projection von Bildlinien, welche mit endlicher Krümmung in den Bildpunkt eintreten, auf die Objektebene, ergiebt:

$$\frac{K_2^2}{K_1^2}\operatorname{tg}^2\omega_0 = \frac{1 + \dfrac{\delta\rho}{\delta\sigma_1}}{1 + \dfrac{\delta\rho}{\delta\sigma_2}} \ ,$$

wonach die zu postulirende Übereinstimmung der Verlaufstypen von abbildbaren Linien und Bildlinien constatirt wird. Die Unterschiede beziehen sich nur auf die bei verschiedenem Werte der beiden Vergrösserungscoefficienten eintretende Deformirung.

Hiermit sind die Gesetze dritter Ordnung ermittelt.

Es dürfte vielleicht nicht überflüssig sein, zu zeigen, dass man die optischen Invarianten vierter Ordnung und die Differentialinvarianten dritter Ordnung direkt aus den entsprechenden Gleichungen dritter bezw. zweiter Ordnung erhalten kann, indem dieselben auf unendlich kleine Neigungen angewendet werden.

Differentiirt man zweimal den allgemeinen Ausdruck

$$\cos i = \alpha\alpha_0 + \beta\beta_0 + \gamma\gamma_0 \ ,$$

wo $\alpha_0 \beta_0 \gamma_0$ Richtungscosinus der Normale der brechenden Fläche sind, so erhält man unter Berücksichtigung der Richtung, in welcher der Incidenzwinkel positiv gerechnet wird, bei senkrechter Incidenz und im gewöhnlichen Coordinatensystem

$$-di^2 = 2\,d\alpha\,d\alpha_0 + 2\,d\beta\,d\beta_0 + d^2\gamma + d^2\gamma_0 ,$$

d. h. für $y = 0$:

$$di = \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{s_1}\right) dx_0 \ .$$

Dieselbe Procedur wird durch Variation nach ξ_0 ausgeführt. Das Resultat ist, dass für den Übergang vom centralen Strahl in einem symmetrischen Systeme auf einem nächstliegenden

$$\sin i = x_0\left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{s_1}\right) \text{ bezw. } \sin i = \xi_0\left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{p_1}\right)$$

zu setzen ist, je nachdem dieser Strahl dem Objekt- oder Hauptstrahlenbündel angehört. Aus der Bedeutung der Differentialquotienten in der Gleichung der brechenden Fläche gehen die entsprechend anzuwendenden Beziehungen

$$U = \Phi_1 x_0 \text{ bezw. } U = \Phi_1 \xi_0 \quad W = \Omega_2 x_0 \text{ bezw. } W = \Omega_2 \xi_0$$

unmittelbar hervor. Weiter hat man $\cos i = 1$ zu setzen und $\tau \varsigma p q$ mit $s_1 s_2 p_1 p_2$ zu vertauschen. Die Beziehungen der Asymmetrienwerte zu den Aberrationswerten ergeben

$$R_u = \frac{x_0}{s_1} A_1 \qquad S_u = \frac{x_0}{s_1} G_2$$

Werden nun unter Anwendung dieser Werte die optischen Invarianten der Asymmetrienwerte in einer Reihe nach Potenzen von x_0 entwickelt, so ergiebt das erste Glied dieser Reihe die optische Invariante der direkten bezw. transversalen Aberration im ersten Hauptschnitte in Übereinstimmung mit den oben gegebenen Formeln.

Für die Entwicklung in einer Reihe nach ξ_0 hat man

$$R_u = \xi_0\left(1 - \frac{s_1}{p_1}\right)\frac{\delta R}{\delta \sigma_1} \qquad S_u = \xi_0\left(1 - \frac{s_1}{p_1}\right)\frac{\delta S}{\delta \sigma_1}$$

zu setzen, und erhält dann unmittelbar die optischen Invarianten der Variationscoefficienten der direkten bezw. transversalen Asymmetrie in der ersten Symmetrieebene.

Wenn w der Öffnungswinkel im Hauptstrahlenbündel ist, so ist bei der Richtung, in welcher die betreffenden Winkel positiv gerechnet werden, $\varphi_I - w$ der Winkel, den die Tangente der ersten Bildfläche mit der senkrecht auf dem centralen Strahl stehenden Ebene bildet, und

$$\frac{1}{\rho_{11}} = \frac{\delta(\varphi_I - w)}{\delta \xi_1}$$

wonach für eine Entwicklung nach Potenzen von ξ_0

$$\operatorname{tg} \varphi_I = \xi_0 \left\{ \frac{1}{\rho_{11}} \left(1 - \frac{s_1}{p_1} \right) + \frac{1}{p_1} \right\}$$

zu setzen ist. Das erste Glied dieser Reihe liefert die optische Invariante

$$\Delta \mu \left\{ \frac{1}{\rho_1^2} \left(\frac{3}{\rho_1} - \frac{2}{s_1} - \frac{1}{p_1} \right) - \frac{\delta^2 \partial^2 \varkappa}{\delta \xi_0^2 \partial x_0^2} \right\} = 0$$

welche, wenn die optische Invariante

$$\Delta \frac{\mu}{\rho_1^2} \left(\frac{1}{s_1} - \frac{1}{p_1} \right) = 0$$

von derselben subtrahirt wird, die oben angegebene Formel für die Krümmung der Schnittlinie der ersten Bildfläche mit der ersten Symmetrieebene liefert.

Auf dieselbe Weise hat man vom Ausdruck

$$\operatorname{tg} \varphi_{II} = \xi_0 \left\{ \frac{1}{\rho_{21}} \left(1 - \frac{s_2}{p_1} \right) + \frac{1}{p_1} \right\}$$

Gebrauch zu machen, wodurch die optische Invariante

$$\Delta \mu \left\{ \frac{1}{\rho_1 \rho_2} \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{p_1} \right) - \frac{\delta^2 \partial^2 \varkappa}{\delta \xi_0^2 \partial y_0^2} \right\} = 0$$

erhalten wird, die wiederum, wenn die Invariante

$$\Delta \frac{\mu}{\rho_1 \rho_2} \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2} - \frac{1}{p_1} + \frac{1}{s_2} \right) = 0$$

von derselben subtrahirt wird, die oben angegebene Formel für die Krümmung der Schnittlinie der zweiten Bildfläche mit der ersten Symmetrieebene zu Tage treten lässt.

In der optischen Invariante der Krümmung der Bildlinien hat man für die Reihenentwicklung

$$\frac{1}{\rho_u} = \xi_0 \frac{\delta}{\delta \sigma_1} \frac{1}{\rho} \left(1 - \frac{s_1}{p_1} \right)$$

zu setzen und erhält unmittelbar die optische Invariante der Distorsion der Bildlinien.

Auch die Differentialinvarianten dritter Ordnung lassen sich auf dieselbe Weise, obwohl etwas umständlicher ermitteln. Ist in einem Strahlenbündel, dessen in der ersten Symmetrieebene liegender Hauptstrahl den Winkel w mit dem centralen Strahle

im symmetrischen System bildet, σ die Länge der Schnittlinie der ersten Symmetrieebene mit der durch den ersten Fokalpunkt des Strahlenbündels senkrecht zum centralen Strahle des symmetrischen Systems gelegten Ebene, so ist im Coordinatensystem $q = \alpha = \beta = 0$:

$$\sigma = \frac{\xi_l}{\cos w} \qquad \delta^2\sigma = \delta^2\xi_l + 2\sin w\,\delta w\,\delta\xi_l = \delta^2\xi_l + \frac{2\sin w}{p_1}\left(1-\frac{s_1}{p_1}\right)\delta\xi_0^2 .$$

Weiter hat man

$$\delta^2\xi_l = \frac{c_1}{K_1^2}\left(1-\frac{s_1}{p_1}\right)^2\delta\xi_0^2 + \frac{c_2}{K_2^2}\left(1-\frac{s_2}{p_2}\right)^2\delta\eta_0^2 ,$$

wonach

$$\frac{\partial^2\sigma}{\partial\xi_0^2} = \frac{c_1}{K_1^2}\left(1-\frac{s_1}{p_1}\right)^2 + \frac{2\sin w}{p_1}\left(1-\frac{s_1}{p_1}\right) \qquad \frac{\partial^2\sigma}{\partial\eta_0^2} = \frac{c_2}{K_2^2}\left(1-\frac{s_2}{p_2}\right)^2$$

ist. Für die Entwicklung nach Potenzen von ξ_0 ist nun

$$\frac{\partial^2\sigma}{\partial\xi_0^2} = \xi_0\frac{\partial^3\sigma}{\partial\xi_0^3} = \xi_0\frac{k_{11}}{K_1^3}\left(1-\frac{s_1}{p_1}\right)^3 \qquad \frac{\partial^2\sigma}{\partial\eta_0^2} = \xi_0\frac{\partial^3\sigma}{\partial\xi_0\partial\eta_0^2} = \xi_0\frac{k_{12}}{K_1K_2^2}\left(1-\frac{s_1}{p_1}\right)\left(1-\frac{s_2}{p_2}\right)^2$$

$$\sin w = \frac{\xi_0}{p_1} ,$$

mithin

$$\frac{c_1}{K_1} = \xi_0\left\{\frac{k_{11}}{K_1^2}\left(1-\frac{s_1}{p_1}\right) - \frac{2K_1}{p_1(p_1-s_1)}\right\} \qquad \frac{c_2}{K_1} = \xi_0\frac{k_{12}}{K_1^2}\left(1-\frac{s_1}{p_1}\right)$$

zu setzen. Auf diese Weise ergiebt die optische Invariante für $\frac{c_1}{K_1}$ eine Invariantengleichung, zu welcher die optische Invariante

$$\Delta\frac{K_1s_1p_1^2}{(p_1-s_1)^2\rho_1^2}\left(\frac{1}{p_1}-\frac{1}{s_1}\right) = 0$$

addirt wird, und welche dann, mit der optischen Invariante

$$\Delta\frac{K_1p_1}{p_1-s_1} = 0$$

multiplicirt, die oben hergeleitete Invariante des direkten Distorsionswertes des ersten Vergrösserungscoefficienten zu Tage treten lässt. Die aus der optischen Invariante $\frac{c_2}{K_1}$ auf dieselbe Weise erhaltene Invariantengleichung wird mit der optischen Invariante

$$\Delta\frac{K_2^2s_1p_2^2}{K_1(p_2-s_2)^2\rho_1\rho_2}\left(\frac{1}{p_1}-\frac{1}{s_1}\right) = 0$$

summirt, und ergiebt dann nach Multiplikation mit der optischen Invariante

$$\Delta\frac{K_1p_1}{p_1-s_1} = 0$$

die oben gefundene Invariantengleichung für den transversalen Distorsionswert des ersten Vergrösserungscoefficienten.

Summenformeln erhält man nach derselben Methode wie bei der einfachen Asymmetrie.

Die optische Invariante der *direkten Aberration* wird mit der optischen Invariante $\Delta \frac{s_1^4}{\mu^4 K_1^4} = 0$ multiplicirt, wonach die Gleichung

$$\Delta \frac{A_1}{\mu^3 K_1^1} = \Delta \frac{s_1^4}{\mu^3 K_1^1} \left\{ \frac{3}{s_1} \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{s_1} \right)^2 + \Phi_1 \right\}$$

resultirt; sämmtliche Gleichungen dieser Form werden summirt:

$$A'_1 = \mu'^3 K_1^1 \sum \frac{s_1^4}{\mu^4 K_1^4} \left\{ 3 \mu^2 \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{s_1} \right)^2 \Delta \frac{1}{\mu s_1} + \Phi_1 \Delta \mu \right\}.$$

Ist für die Brechung in einer Fläche $s_1 = 0$, so ist das entsprechende Glied der Summe gleich Null.

Auf dieselbe Weise erhält man für die *transversale Aberration* nach Multiplikation mit der optischen Invariante $\Delta \frac{s_1^2 s_2^2}{\mu^4 K_1^2 K_2^2} = 0$:

$$G'_1 = \mu'^3 K_1^2 K_2^2 \sum \frac{s_1^2 s_2^2}{\mu^4 K_1^2 K_2^2} \left\{ \mu \left(\frac{1}{\rho_2} - \frac{1}{s_2} \right) \left[\frac{1}{\rho_1} \Delta \frac{1}{s_2} - \Delta \frac{1}{s_1^2} \right] + \Omega_1 \Delta \mu \right\},$$

wo bei $s_1 = 0$ bezw. $s_2 = 0$ das entsprechende Glied der Summe gleich bezw.

$$- \frac{s_2^2}{\mu K_1^2 K_2^2} \left(\frac{1}{\rho_2} - \frac{1}{s_2} \right) \Delta \frac{1}{\mu^2} \qquad - \frac{s_1^2}{\mu^2 K_1^2 K_2^2 \rho_1} \Delta \frac{1}{\mu}$$

zu setzen ist.

Für den *Variationscoefficienten der direkten Asymmetrie* hat man mit der optischen Invariante $\Delta \frac{s_1^3 p_1}{\mu^4 K_1^3 \chi_1} = 0$ zu multipliciren. In der resultirenden Summenformel

$$\frac{\delta R'}{\delta \sigma_1} = \frac{\mu'^3 K_1^3 \chi_1}{p'_1 - s'_1} \sum \frac{s_1^3 p_1}{\mu^4 K_1^3 \chi_1} \left\{ 3 \mu^2 \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{s_1} \right) \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{p_1} \right) \Delta \frac{1}{\mu s_1} + \Phi_1 \Delta \mu \right\}$$

hat man, wenn bei einer Brechung $s_1 = 0$ bezw. $p_1 = 0$ ist, das entsprechende Glied der Summe gleich Null bezw. gleich

$$- \frac{3 s_1^3}{\mu^2 K_1^3 \chi_1} \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{s_1} \right) \Delta \frac{1}{\mu s_1}$$

zu setzen.

Die Summenformel des *Variationscoefficienten der transversalen Asymmetrie* erhält man nach Multiplikation der optischen Invariante mit der optischen Invariante $\Delta \frac{s_1^2 s_2 p_2}{\mu^4 K_1^2 K_2 \chi_2} = 0$:

$$\frac{\delta S'}{\delta \sigma_2} = \frac{\mu'^3 K_1^2 K_2 \chi_2}{(p'_2 - s'_2)} \sum \frac{s_1^2 s_2 p_2}{\mu^4 K_1^2 K_2 \chi_2} \left\{ \mu \left(\frac{1}{\rho_2} - \frac{1}{p_2} \right) \left[\frac{1}{\rho_1} \Delta \frac{1}{s_2} - \Delta \frac{1}{s_1^2} \right] + \Omega_1 \Delta \mu \right\}.$$

In den Fällen $s_1 = 0$ $s_2 = 0$ $p_2 = 0$ ist das entsprechende Glied der Summe gleich bezw.

$$-\frac{s_2 p_2}{\mu K_1^2 K_2 \chi_2}\left(\frac{1}{\rho_2}-\frac{1}{p_2}\right)\Delta\frac{1}{\mu^2} \qquad \frac{s_1^2 p_2}{\mu^2 K_1^2 K_2 \chi_2 \rho_1}\left(\frac{1}{\rho_2}-\frac{1}{p_2}\right)\Delta\frac{1}{\mu} \qquad -\frac{s_1^2 s_2}{\mu^3 K_1^2 K_2 \chi_2}\left[\frac{1}{\rho_1}\Delta\frac{1}{s_2}-\Delta\frac{1}{s_1^2}\right]$$

und im Falle $s_1 = s_2 = 0$ gleich Null zu setzen.

Die *Krümmung* der Schnittlinie der ersten *Bildfläche* mit der ersten Symmetrieebene erhält man aus der nach Multiplikation der optischen Invariante mit der Gleichung $\Delta\frac{s_1^2 p_1^2}{\mu^4 K_1^2 \chi_1^2} = 0$ resultirenden Summenformel

$$\frac{1}{\rho_{11}} = \frac{\mu'^3 K_1'^2 \chi_1'^2}{(p_1' - s_1')^2} \sum \frac{s_1^2 p_1^2}{\mu^4 K_1^2 \chi_1^2}\left\{3\mu^2\left(\frac{1}{\rho_1}-\frac{1}{p_1}\right)^2 \Delta\frac{}{\mu s_1} - \frac{\mu^2}{\rho_1}\left(\frac{1}{s_1}-\frac{1}{p_1}\right)^2 \Delta\frac{1}{\mu} + \Phi_1 \Delta\mu\right\},$$

wo im Falle $s_1 = 0$ bezw. $p_1 = 0$ das entsprechende Glied der Summe den bezüglichen Wert

$$-\frac{p_1^2}{\mu^2 K_1^2 \chi_1^2 \rho_1}\Delta\frac{1}{\mu} \qquad \frac{s_1^2}{\mu^2 K_1^2 \chi_1^2}\left(3\Delta\frac{1}{\mu s_1}-\frac{1}{\rho_1}\Delta\frac{1}{\mu}\right)$$

hat.

Die Krümmung der Schnittlinie derselben Bildfläche mit der zweiten Symmetrieebene erhält man nach Multiplikation mit $\Delta\frac{s_1^2 p_2^2}{\mu^4 K_1^2 \chi_2^2} = 0$ aus der Summenformel

$$\frac{1}{\rho_{12}'} = \frac{\mu'^3 K_1^2 \chi_2'^2}{(p_2' - s_1')^2} \sum \frac{s_1^2 p_2^2}{\mu^4 K_1^2 \chi_2^2}\left\{\mu\left(\frac{1}{\rho_1}-\frac{1}{s_1}\right)\left[\frac{1}{\rho_2}\Delta\frac{1}{s_1}-\Delta\frac{1}{p_2^2}\right] + \Omega_2 \Delta\mu\right\}$$

wo für $s_1 = 0$ $p_2 = 0$ das entsprechende Glied der Summe gleich bezw.

$$-\frac{p_2^2}{\mu^2 K_1^2 \chi_2^2 \rho_2}\Delta\frac{1}{\mu} \qquad -\frac{s_1^2}{\mu K_1^2 \chi_2^2}\left(\frac{1}{\rho_1}-\frac{1}{s_1}\right)\Delta\frac{1}{\mu^2}$$

ist.

Ist die Objektfläche gekrümmt, wobei das erste Glied im linken Membrum der beiden letzten Summengleichungen nicht verschwindet, so hat man in diesem Membrum zunächst, wenn $r_{11}\, r_{22}$ die Krümmungsradien sind,

$$\frac{1}{\rho_{11}'} - \frac{\mu'^3 K_1^2 \chi_1'^2 (p_1 + d)^2}{\mu^3 r_{11} (p_1' - s_1')^2} \qquad \frac{1}{\rho_{12}'} - \frac{\mu'^3 K_1^2 \chi_2'^2 (p_2 + d)^2}{\mu^3 r_{22} (p_2' - s_1')^2}.$$

Beachtet man, dass

$$\frac{\mu K_1 \chi_1}{p_1 - s_1} \qquad \frac{\mu K_2 \chi_2}{p_2 - s_2}$$

nicht nur optische Invarianten sind, sondern auch für die Brechung in der $n+1$ten Fläche dieselben Werte haben wie nach der Brechung in der $n$ten, so findet man, dass die betreffenden linken Membra

$$\frac{1}{\rho_{11}'} - \frac{\mu'}{\mu r_{11}} \qquad \frac{1}{\rho_{12}'} - \frac{\mu' K_1'^2 (p_2' - s_2')^2}{\mu K_2^2 r_{22} (p_2' - s_1')^2}$$

geschrieben werden können. In der Summengleichung für ρ_{11} kann auch, da $\frac{\mu^2 K_1^2 \chi_1^2}{(p_1 - s_1)^2}$

für alle Medien denselben Wert hat, diese Grösse unter dem Summenzeichen gesetzt werden, wonach

$$\frac{1}{\mu' \rho_{11}} - \frac{1}{\mu r_{11}} = \sum \frac{3\mu^2 \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{p_1}\right)^2 \Delta \frac{1}{\mu s_1} + \Phi_1 \Delta \mu}{\mu^2 \left(\frac{1}{s_1} - \frac{1}{p_1}\right)^2} - \sum \frac{1}{\rho_1} \Delta \frac{1}{\mu}$$

erhalten wird.

Für die *Distorsion der Bildlinien* erhält man nach Multiplikation mit der optischen Invariante $\Delta \frac{s_1 s_2 p_1 p_2}{\mu^4 K_1 K_2 \chi_1 \chi_2} = 0$ die Summenformel

$$\frac{\delta}{\delta \sigma_1} \frac{1}{\rho} = -\frac{\mu'^3 K_1 K_2 \chi_1 \chi_2}{(s'_2 - s'_1)(p'_1 - s'_1)(p'_2 - s'_1)} \sum \frac{s_1 s_2 p_1 p_2}{\mu^4 K_1 K_2 \chi_1 \chi_2} \left\{ \mu \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{p_1}\right) \left[\frac{1}{\rho_2} \Delta \frac{1}{s_1} - \Delta \frac{1}{s_2 p_2}\right] + \Omega_2 \Delta \mu \right\},$$

wo für $s_1 = 0$ bezw. $s_2 = 0$ das entsprechende Glied der Summe gleich bezw.

$$\frac{s_2 p_1 p_2}{\mu^2 K_1 K_2 \chi_1 \chi_2 \rho_2} \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{p_1}\right) \Delta \frac{1}{\mu} \qquad - \frac{s_1 p_1 p_2}{\mu^2 K_1 K_2 \chi_1 \chi_2} \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{p_1}\right) \Delta \frac{1}{\mu p_2}$$

ist, während für $p_1 = 0$ bezw. $p_2 = 0$ die bezüglichen Werte

$$- \frac{s_1 s_2 p_2}{\mu^3 K_1 K_2 \chi_1 \chi_2} \left[\frac{1}{\rho_2} \Delta \frac{1}{s_1} - \Delta \frac{1}{s_2 p_2}\right] \qquad - \frac{s_1 s_2 p_1}{\mu^2 K_1 K_2 \chi_1 \chi_2} \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{p_1}\right) \Delta \frac{1}{\mu s_2}$$

anzuwenden sind. Im Falle $s_1 = s_2 = 0$ ist das entsprechende Glied gleich Null und im Falle $p_1 = p_2 = 0$ gleich

$$\frac{s_1 s_2}{\mu^2 K_1 K_2 \chi_1 \chi_2} \Delta \frac{1}{\mu s_2}.$$

Ist die Brechung im Bildraume anastigmatisch, so hat man nur

$$\frac{1}{\rho'_{11}} - \frac{1}{\rho'_{21}}$$
$$2 \frac{\delta \rho}{\delta \sigma_1}$$

für $\frac{\delta}{\delta \sigma_1} \frac{1}{\rho} (s'_2 - s'_1)$ zu setzen.

Den *direkten Distorsionswert des ersten Vergrösserungscoefficienten* ergiebt die unmittelbar resultirende Summenformel

$$k_{11} = K_1 \sum \frac{K_1^2 s_1 p_1^3}{\mu (p_1 - s_1)^3} \left\{ 3\mu^2 \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{p_1}\right)^2 \Delta \frac{1}{\mu p_1} - \frac{3\mu}{\rho_1} \left(\frac{1}{s_1} - \frac{1}{p_1}\right) \Delta \frac{1}{p_1} + \Phi_1 \Delta \mu \right\},$$

in welcher bei $s_1 = 0$ bezw. $p_1 = 0$ das entsprechende Glied der Summe gleich bezw.

$$- \frac{3 K_1^2}{\rho_1} \Delta \frac{1}{p_1} \qquad - 3 \frac{\mu^2 K_1^2}{s_1^2} \Delta \frac{1}{\mu^2}$$

ist.

Den *transversalen Distorsionswert* erhält man auf dieselbe Weise aus der Summenformel

$$k_{12} = -K_1 \sum \frac{K_2^2 s_1 p_1 p_2^2}{\mu(p_1 - s_1)(p_2 - s_2)^2} \left\{ \frac{\mu}{\rho_2}\left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{s_1}\right)\Delta\frac{1}{p_1} - \mu\left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{p_1}\right)\Delta\frac{1}{p_2^2} + \Omega_2 \Delta\mu \right\},$$

in welcher bei $s_1 = 0$ bezw. $p_1 = 0$ das entsprechende Glied der Summe gleich bezw.

$$-\frac{K_2^2 p_2^2}{(p_2 - s_2)^2 \rho_2}\Delta\frac{1}{p_1} \qquad -\frac{K_2^2 p_2^2}{(p_2 - s_2)^2}\left\{\frac{\mu}{\rho_2}\left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{s_1}\right)\Delta\frac{1}{\mu} + \Delta\frac{1}{p_2^2}\right\}$$

ist, während für $p_2 = 0$ bezw. $p_1 = p_2 = 0$ die bezüglichen Werte

$$-\frac{\mu^2 K_2^2 s_1 p_1}{s_2^2 (p_1 - s_1)}\left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{p_1}\right)\Delta\frac{1}{\mu^2} \qquad -\frac{\mu^2 K_2^2}{s_2^2}\Delta\frac{1}{\mu^2}$$

anzuwenden sind.

Sämmtliche hier nicht direkt deducirten Summenformeln erhält man durch Permutation.

Für *Umdrehungssysteme* ergeben sich besondere Vereinfachungen, indem teils überall $\rho_1 = \rho_2$ $s_1 = s_2$ $p_1 = p_2$ $K_1 = K_2$ $\gamma_1 = \gamma_2$ ist, teils auch die brechenden Flächen durch die Beziehungen

$$\Phi_1 = 3\Omega_1 - 3\Omega_2 = \Phi_2$$

charakterisirt sind. Durch Einsetzen dieser Werte in den Summenformeln erhält man unmittelbar, da

$$\Delta\frac{1}{\rho s} - \Delta\frac{1}{s_2} = \mu\left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{s}\right)\Delta\frac{1}{\mu s}$$

ist:

$$A_1 = 3G_1 = 3G_2 = A_2$$
$$\frac{\delta R}{\delta \sigma_1} = 3\frac{\delta S}{\delta \sigma_1} = 3\frac{\delta S}{\delta \sigma_2} = \frac{\delta R}{\delta \sigma_2}.$$

Es ist weiter

$$\rho_{11} = \rho_{22} \qquad \rho_{12} = \rho_{21}$$

und da

$$\left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{s}\right)\left(\frac{1}{s\rho} - \frac{1}{p^2}\right) = \frac{1}{s}\left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{p}\right)^2 - \frac{1}{\rho}\left(\frac{1}{s} - \frac{1}{p}\right)^2$$

mithin

$$\mu\left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{s}\right)\left[\frac{1}{\rho}\Delta\frac{1}{s} - \Delta\frac{1}{p^2}\right] = \mu^2\left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{p}\right)^2\Delta\frac{1}{\mu s} - \frac{\mu^2}{\rho}\left(\frac{1}{s} - \frac{1}{p}\right)^2\Delta\frac{1}{\mu}$$

ist, so erhält man

$$\frac{1}{\rho'_{11}} - \frac{1}{\rho'_{21}} = -2(s'_2 - s'_1)\frac{\delta}{\delta\sigma_1}\frac{1}{\rho},$$

wo $(s'_2 - s'_1)\frac{\delta}{\delta\sigma_1}\frac{1}{\rho}$ durch

$$\frac{1}{\rho'_{11}} - \frac{1}{\rho'_{21}}$$
$$2\,\frac{\partial\rho}{\partial\sigma_1}$$

zu ersetzen ist, so dass

$$\frac{\partial\rho}{\partial\sigma_1} = \frac{\partial\rho}{\partial\sigma_2} = -1$$

resultirt, welcher Wert besagt, dass die u-Linien Kreise sind, deren Krümmungsmittelpunkte auf der Umdrehungsachse liegen, während die v-Linien von allen Seiten her in den Schnittpunkt der Bildfläche mit der Umdrehungsachse einstrahlen.

Setzt man in der Summenformel für den transversalen Distorsionswert $\frac{1}{\rho} - \frac{1}{p} - \frac{1}{s} + \frac{1}{p}$ für $\frac{1}{\rho} - \frac{1}{s}$, so findet man

$$\frac{p_1}{\rho}\left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{s}\right)\Delta\frac{1}{p} - p_1\left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{p}\right)\Delta\frac{1}{p^2} = p_1^2\left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{p}\right)^2\Delta\frac{1}{p_1 p} - \frac{p_1}{\rho}\left(\frac{1}{s} - \frac{1}{p}\right)\Delta\frac{1}{p},$$

wonach

$$k_{11} = 3k_{12} = 3k_{21} = k_{22}$$

erhalten wird.

Während in symmetrischen Systemen die Abbildung in der Nähe des centralen Strahles von 18 Grössen bestimmt wird, so treten also in Umdrehungssystemen die 5 den bekannten »SEIDEL'schen Fehlern» entsprechenden Grössen an ihre Stelle. Setzt man den Abflachungswert der brechenden Flächen gleich Null, so stimmen auch die Formeln mit den SEIDEL'schen überein.

V. Die Verwertung der Abbildungsgesetze.

An der Hand der allgemeinen Gesetze der optischen Abbildung ist es leicht, den Giltigkeitsbereich der Lehre von der collinearen Abbildung exakt abzugrenzen. Dieselbe enthält an Realitäten nur die Gesetze erster Ordnung, welche längs der Achse eines aus centrirten Umdrehungsflächen bestehenden Systemes gelten. Der betreffende Bereich ist demnach der Schnittpunkt dieser Achse mit den Objekt- bezw. Bildflächen. Jeder Versuch, die collineare Abbildung an einem anderen Punkte gelten zu lassen, enthält eine Fiction. Bei der astigmatischen Brechung oder bei der anamorphotischen Abbildung wird die Fiction unendlich dünner ebener Büschel eingeführt, eine Fiction, welcher nie von der Realität entsprochen werden kann, und deren Tragweite mathematisch dieselbe ist, wie wenn man eine Fläche durch zwei sich in einem Punkte derselben kreuzende Linien ersetzen wollte. Und jeder Versuch, den mathematischen Punkt an der Objekt- bezw. Bildfläche durch einen noch so kleinen endlichen Bezirk zu ersetzen enthält schon eine Approximation, indem an der Stelle der Differentiale die Werte selbst gesetzt werden.

Es steht fest, dass eine Wissenschaft um so exakter ist, je weniger Fictionen mit den Tatsachen vermischt werden, und dass es dementsprechend in der geometrischen Optik um so leichter ist, das Wahre von dem nur annähernd Wahren zu trennen, je weniger die Tatsachen durch Serien, je mehr sie durch exakte mathematische Grössen dargestellt werden.

Dass die erörterten Fictionen erlaubt wären, so lange die tatsächlichen allgemeinen Gesetze unbekannt blieben, leuchtet von selbst ein, ebensowie dass Serien, auch ohne dass die mathematische Bedeutung der Coefficienten bekannt ist, für die strenge Wahrheit ungefährlich sein *können*. Die einen wie die anderen erfordern aber bei jedem Schritte eine strenge Prüfung der Resultate, welche, je complicirter die Deduktionen sind, um so leichter Irrtümer in sich bergen können.

An Belegen für die suggestive Wirkung der Serien ist in der Litteratur der geometrischen Optik kein Mangel. Es wurde oben an die gewöhnliche Darstellung der Constitution des allgemeinen Strahlenbündels erinnert. Die Begriffe »ebene» bezw. »windschiefe Büschel», welche an Stelle der exakten Begriffe der entsprechenden Strahlenflächen figuriren, die häufige Anwendung von algebraischen Gleichungen mit approximativer Giltigkeit an der Stelle der exakt giltigen Differentialgleichungen, die Verwechselungen von Winkeldifferentialen mit »kleinen Winkeln» stellen weitere Beispiele dar.

Aber auch die Fictionen der collinearen Abbildungen durch ebene Büschel bei astigmatischer Brechung stellen grosse Forderungen an die Kritik. Als ein Beispiel führe ich den Ausspruch von CZAPSKI[1] an: »Denn während die Strahlenvereinigung von sagittalen Büscheln, ebenso wie die von parachsialen von zweiter Ordnung ist, fanden wir die der tangentialen Büschel nur von erster Ordnung. Während wir also das Gebiet der Abbildung durch erstere soweit abgrenzen können, dass nur die Quadrate der Büschelöffnungen oder der linearen Büscheldurchmesser nahe der brechenden Kugel gegen die Schnittweiten der Büschel verschwinden, müssen wir es im anderen Falle so beschränken, dass schon jene Durchmesser selbst die gleiche relative Kleinheit besitzen, wenn wir beidemal gleich vollkommene Strahlenvereinigung verlangen.» Von diesem Ausspruche kann keineswegs gesagt werden, dass er nicht die Wahrheit enthält, aber man muss bei der Beurteilung desselben stets vor den Augen haben, dass er nur für eine Fiction gilt, der keine Realität entspricht, dass mithin aus demselben nicht der Schluss gezogen werden kann, dass die tatsächliche Abbildung in der einen Richtung unter Strahlenvereinigung höherer Ordnung zu stande käme als in der anderen, was, wie oben bewiesen wurde, auch tatsächlich falsch wäre.

Mit der Kenntnis der allgemeinen Gesetze der optischen Abbildung kommt das Bedürfnis nach der Fiction der Realisirbarkeit der collinearen Abbildung vollkommen in Wegfall. Da nun auch die in den vorhergehenden Capiteln entwickelten Gesetze sämmtlich an geometrische Grössen, bezw. Coefficienten mit exakter mathematischer Bedeutung anknüpfen, so liegt auch das nötige Material vor, um die tatsächlichen Vorgänge bei der Entstehung des Bildes, ohne irgend welche nur approximativ giltige, beispielsweise durch Serien gewonnene Gleichungen anzuwenden, durch ausschliesslich mathematisch exakte Grössen darzustellen. Bei dieser Verwertung der bedingungslos exakt giltigen Abbildungsgesetze können natürlich auch Serien ohne Schaden zur Anwendung kommen, wobei man aber nicht vergessen darf, dass in denselben die Genauigkeit nur noch approximativ ist. Am besten lässt man daher die Serien — in denen doch gewöhnlich nur das erste Glied zur Anwendung kommt — vollständig bei Seite. Über die Brauchbarkeit eines Instrumentes für den beabsichtigten Zweck entscheidet doch in letzter Instanz die Erfahrung. Dass die nach Potenzen der Blendenöffnung entwickelten Serien bessere Anknüpfungspunkte für die Erfahrung bieten sollten als die tatsächlichen geometrischen Verhältnisse, davon kann wohl nicht die Rede sein. Dass aber der Schein einer exakten Beziehung dort vorliegt, wo Formeln, welche durch Serienentwicklung gewonnen sind, als algebraische Gleichungen angewendet werden, dürfte wohl eher als ein Nachteil denn als ein Vorteil dieser Darstellung angesehen werden müssen.

Die Darstellung sämmtlicher Abbildungsgesetze in exakter Form ohne Anwendung von Serien wurde durch die Einführung des Begriffes der optischen Projection ermöglicht. Ohne diese Auffassung der Blendenwirkung ist es nötig dieselbe als Strahlenbegrenzung zu untersuchen, wobei aber von der Grösse der Blende nicht abgesehen werden kann, Serien somit schwerlich vermieden werden könnten.

[1] Winkelmann's Handbuch d. Physik, 2. Aufl., Bd VI, S. 97, Leipzig 1904.

Das von einem optischen Instrumente gelieferte Bild ist zum grössten Teile durch optische Projection, nicht durch optische Abbildung zustande gekommen, wenn dieser Begriff wie oben eine Strahlenvereinigung voraussetzt. Bei der Verwertung der Abbildungsgesetze hat man aber darauf Rücksicht zu nehmen, dass eine Strahlenvereinigung nicht nur längs dem durch das Blendencentrum gehenden Hauptstrahle, sondern auch längs einem anderen durch einen mehr seitlich belegenen Punkte der Blende gehenden Strahl erfolgen kann. Während z. B. in einem Umdrehungssystem nur der Schnittpunkt der Objektfläche mit der Achse nach den Gesetzen der collinearen Abbildung abgebildet wird, so werden doch allgemein die in der Nähe dieses Punktes, aber in endlichem Abstande von demselben befindlichen Objektpunkte auch unter Strahlenvereinigung abgebildet, obwohl die Limeslage der sich schneidenden Strahlen nicht einem durch das geometrische Centrum der Blende gehenden Strahle entspricht. Es wurde schon eingangs hervorgehoben, dass das Blendencentrum einen entsprechend dem centralsten, bei der Abbildung des betreffenden Flächenelementes wirksamen Strahle ausgewählten Punkt der Blendenöffnung darstellt, wobei, wenn Luken vorkommen, verschiedenen Objektflächenelementen verschiedene Blendencentra entsprechen können. An der Hand der Abbildungsgesetze kann diese Wahlfreiheit noch erweitert werden, da der centralste, bei der Abbildung eines Flächenelementes wirksame Strahl, wie es aus diesen Gesetzen hervorgeht, auch ohne dass Luken vorhanden wären, allgemein für verschiedene Objektflächenelemente durch verschiedene Punkte der Blendenöffnung geht.

Construirt man nämlich das Strahlenbündel, welches einem unweit der Achse belegenen Objektpunkte in einem Umdrehungssystem entspricht, so findet man, dass dieses Strahlenbündel zwar längs dem durch das geometrische Centrum der Blende gehenden Strahle astigmatisch ist, aber, wenn eine gewisse Proportion des Abstandes des Objektpunktes von der Achse zu der Grösse der Blende innegehalten wird, doch längs einem anderen Strahle anastigmatisch ist, indem die beiden kaustischen Flächen einen Berührungspunkt haben. Entweder fällt nun dieser Berührungspunkt — je nach der Krümmung der Bildflächen — auf die senkrecht auf der Achse stehende Auffangsebene des Bildes oder nicht. Im ersteren Falle wird der untersuchte Punkt unter vollständiger Strahlenvereinigung erster Ordnung als ein Punkt abgebildet, und der centralste der bei der Abbildung wirksamen Strahlen ist offenbar der Strahl, welcher die beiden kaustischen Flächen in ihrem Berührungspunkte mit einander tangirt. Liegt wiederum dieser Berührungspunkt in endlichem Abstande von der Auffangsebene des Bildes, die kurz als *Bildebene* bezeichnet werden mag (mithin nicht mit den Bildflächen zu verwechseln ist), so stellt doch immer noch derjenige Strahl, welcher die kaustische Fläche im Schnittpunkte derselben mit dem bezüglichen Meridiane der Bildebene berührt, den centralsten bei der Abbildung wirksamen Strahl dar. Die Tangente der Schnittlinie der kaustischen Fläche mit der Bildebene ist dann die Tangente einer wirklichen Bildlinie. Auf diese Weise findet man, dass bei einer endlich grossen Blende in der Umgebung des Schnittpunktes der Bildebene mit der Achse ein endlich ausgedehntes Gebiet vorhanden ist, in welchem eine punktweise Abbildung zustande kommt, während ausserhalb desselben nur eine Abbildung

von Linien stattfindet und weiter ab das Bild nur durch optische Projection entsteht. Dass hierin kein Widerspruch mit den allgemeinen Abbildungsgesetzen liegt, ist einleuchtend, da diese sich auf Hauptstrahlen beziehen müssen, deren Gang von der Blendengrösse unabhängig ist.

Der Unterschied eines durch wirkliche, unter Strahlenvereinigung stattfindende Abbildung und eines nur durch optische Projection entstandenen Bildes ist um so grösser, je grösser die Blende und je grösser der Abstand der Bildebene von der betreffenden Bildfläche ist. Da nun letztere von ersterer im Schnittpunkte mit der Umdrehungsachse des Instrumentes berührt wird, so ist letztgenannter Abstand in endlicher Entfernung von diesem Berührungspunkte immer noch relativ klein, worauf auch die bei der Verengerung der Blende auffallende Verbesserung des Bildes beruht.

Untersucht man nun die Verhältnisse an der Grenze des Gebietes, wo bei grosser Blende noch eine Linie unter Strahlenvereinigung abgebildet wird, und ausserhalb welches nur die optische Projection in Wirkung tritt, so geht hierbei der centralste der bei der Abbildung wirksamen Strahlen durch einen der Blendenperipherie nahe belegenen Punkt, indem die betreffende Bildlinie entsprechend der asymmetrischen Zerstreuungsfigur an der einen Seite von einem schwachen Lichtstreifen begleitet erscheint. Bei successiver Verengerung der Blende wird der eben als Hauptstrahl fungirende Strahl ausgeschlossen, und das bei engster Blende auftretende, durch optische Projection entstandene Bild der Linie zeigt eine Verschiebung, welche der Tatsache entspricht, dass nunmehr der centralste Strahl, welcher bei der Entstehung des Bildes wirksam ist, nicht derselbe ist wie früher. Will man die Realitäten der optischen Abbildung untersuchen, so muss auch dieser Verschiebung des wirksamen Blendencentrums und der entsprechend geänderten Wahl des Hauptstrahles Rechnung getragen werden.

Dass im letzten Beispiele nicht das Centrum der einem Objektpunkte entsprechenden Zerstreuungsfigur, sondern die helle Kante derselben bei der Entstehung des Bildes wirksam ist, beruht darauf, dass sowohl die photographische Platte wie — und vielleicht in noch höherem Grade — das Auge mehr für Helligkeitsunterschiede als für absolute Helligkeiten eingestellt ist. Die Folge hiervon ist, dass die Grösse der Zerstreuungsfiguren oft von untergeordneter Bedeutung gegenüber der Verteilung der Helligkeit innerhalb derselben ist.

Bei der in speciell berechneten Instrumenten vorkommenden Strahlenvereinigung höherer Ordnung kann diese mit der Blendengrösse veränderliche Lage der wirksamen Hauptstrahlen auch bei der Abbildung des im Schnittpunkte der Objektfläche mit der Umdrehungsachse belegenen Punktes deutlich werden. Zieht man nämlich die bei der Abbildung des achsialen Objektpunktes durch ein corrigirtes photographisches Objektiv mit »positiven Zonen» entstehende kaustische Fläche in Betracht, so findet man an der Schnittlinie derselben mit einer Meridianebene drei Spitzen, von welchen die eine an der Achse belegen ist und vom Objektiv wegschaut, während die beiden anderen etwas näher dem Objektive symmetrisch zur Achse belegenen Spitzen nach der entgegengesetzten Richtung gewendet sind. Die Schnittlinie der kaustischen

Fläche geht somit vom achsialen Bildpunkte zunächst in der Richtung nach dem Objektive zu, um in diesen Spitzen umzukehren. Auf dem Rückwege schneiden die beiden Zweige einander wieder, bevor sie die durch die erstgenannte Spitze gelegte Bildebene erreicht haben, in einem auf der Achse belegenen Punkte. Bei so grosser Blende, dass die betreffenden Strahlen nicht ausgeschlossen sind, stellt dieser Schnittpunkt den Punkt schärfster Abbildung des achsialen Objektpunktes dar. In demselben findet längs einer unendlich grossen Zahl von Hauptstrahlen eine vollständige Strahlenvereinigung erster Ordnung statt, und diese Hauptstrahlen sind sämmtliche durch einen bestimmten in der Blendenöffnung belegenen Kreis gehenden Strahlen, welche die Achse im genannten Schnittpunkte schneiden. Fallen aber bei der Verengerung der Blende diese Strahlen ausserhalb des wirksamen Gebietes, so wird wieder die Achse wirksamer Hauptstrahl — und die Einstellung der Camera muss entsprechend geändert werden.

Durch die Abbildungsgesetze erhält man die einem ausgewählten centralen Strahle entsprechenden geometrischen Grössen und Coefficienten. Diese werden aber nach der eben skizzirten Methode nicht derart angewendet, dass ein endliches Strahlenbündel nur nach den einem gewissen Hauptstrahle entsprechenden Grössen beurteilt wird, sondern es werden für die Untersuchung der Strahlenvereinigung bei endlicher Blendengrösse mehrere Strahlen nach einander als Hauptstrahlen angewendet, und es werden überhaupt für die Untersuchung des Bildes die einer bestimmten Blendengrösse entsprechenden wirksamen Hauptstrahlen nach den angegebenen Principien ausgewählt. Die angeführten Beispiele dürften die Vorzüge dieser exakten Untersuchung der tatsächlich obwaltenden Verhältnisse vor der auf der Fiction einer unendlich kleinen Blende basirenden Untersuchung mittels Serien beweisen.

Wenn es nun auch feststeht, dass der Unterschied des auf die beschriebene Weise entstandenen reellen Bildes in der Nähe des achsialen Bildpunktes von dem Ideale der collinearen Abbildung, zumal bei enger Blende, um so geringer ist, je kleiner das untersuchte Gebiet und je besser das Objektiv gebaut ist, so kann doch darin kein Grund für Festhaltung an der fictiven collinearen Abbildung liegen. Fällt es doch nunmehr niemandem ein, darin einen Grund für die Auffassung der Form der Erdoberfläche als der einer Scheibe zu finden, dass der Schiffer, je kleinere Wässer er befährt, um so weniger die wirkliche Gestalt der Erdoberfläche bemerkt.

Die erste Bedingung einer exakten Arbeit in der geometrischen Optik ist die Möglichkeit, ein fertig berechnetes Instrument mathematisch untersuchen zu können. Die älteste Methode basirte hierbei mehr auf der trigonometrischen Verfolgung möglichst vieler Strahlen, während in der letzten Zeit mehr die Untersuchung der Glieder höherer Ordnung längs dem achsialen Strahle in den Vordergrund zu treten scheint. So werden wohl nunmehr die Schnittpunkte mit nächstliegenden Strahlen nie durch trigonometrische Verfolgung zweier sehr wenig gegen einander geneigter Strahlen, sondern immer durch Berechnung der Schnittweiten längs einem bezüglichen Strahle ermittelt. Und was die Abweichungen höherer Ordnung betrifft, so werden dieselben mehrmals unter Anwenden der Glieder höherer Ordnung längs dem centralen Strahle berechnet. Die richtige Wahl dürfte durch die Zwischenstellung repräsentirt sein,

indem längs jedem trigonometrisch verfolgten Strahle die geometrischen Grössen untersucht werden, welche zur Beurteilung der Abbildung verwendet werden können, während die Abweichungen höherer Ordnung durch entsprechende Untersuchung der kaustischen Flächen ermittelt werden.

Wenn es sich z. B. darum handelt, in einem Umdrehungssysteme mit grosser Öffnung und „corrigirter sphärischer Aberration" die Strahlenvereinigung längs der Achse näher zu untersuchen, so wird es im allgemeinen hinreichend sein, einen Randstrahl und einen oder zwei intermediäre Strahlen trigonometrisch zu verfolgen, wenn man längs diesen Strahlen die tangentiale Schnittweite und die direkte Asymmetrie berechnet. Für die Construction der Schnittlinie der kaustischen Fläche mit der Meridianebene hat man dann im Aberrationswert auf der Achse die Krümmung der Evolute an der Spitze, in den ermittelten Fokalpunkten ebenso viele der bezüglichen Schnittlinie zugehörige Punkte und in den direkten Asymmetrienwerten die Krümmungen in diesen Punkten. Besteht kein Wechsel des Vorzeichens der Krümmung, so findet man auch nicht mehr Spitzen an der fraglichen Linie als die von der Achse im centralen Bildpunkte berührte. Anderseits findet sich immer eine solche Spitze zwischen zwei Strahlen, längs welchen die direkte Asymmetrie verschiedenes Vorzeichen hat, und man kann durch Untersuchung zwischenliegender Strahlen die genaue Lage der Spitze ermitteln. Auf dieselbe Weise findet man den für die Fokussirung des Instrumentes bei grosser Öffnung wichtigen Doppelpunkt der fraglichen Schnittlinie der kaustischen Fläche, welcher einem auf der Achse liegenden Fokalpunkte der Tangentialstrahlen entspricht. Zur Beurteilung des Effektes der Änderung der Blendengrösse geben die Schnittpunkte der den Spitzen und dem Doppelpunkte entsprechenden Strahlen mit der Blendenebene die denkbar besten Mittel ab, während für die Beurteilung der Strahlenvereinigung die Kenntnis eben dieser Spitzen und des Doppelpunktes von unvergleichlich grösserer Bedeutung ist als die Ermittelung der Grösse des Zerstreuungskreises, weil ersteren eine Lichtconcentration entspricht, letztere Grösse aber nur dann von Bedeutung wäre, wenn der Zerstreuungskreis überall von gleicher Helligkeit, oder wenigstens das Licht nach einem einfachen geometrischen Gesetze in demselben verteilt wäre.

Auf dieselbe Weise kann die Strahlenvereinigung bei schiefem Einfalle unter endlicher Neigung behandelt werden. Man hat dann von dem ausgewählten peripher belegenen Objektpunkte zunächst einen durch das Blendencentrum und je einen durch die Schnittpunkte der Blendenperipherie mit der betreffenden Meridianebene gehenden Strahl trigonometrisch zu verfolgen und längs denselben die Schnittweiten und die beiden Asymmetrienwerte zu berechnen. An einem Wechsel des Vorzeichens des Astigmatismus zwischen zwei Strahlen erkennt man, dass zwischen denselben ein Strahl vorhanden ist, längs welchem die Brechung anastigmatisch ist, an einem Wechsel des Vorzeichens der direkten Asymmetrie wiederum, dass die Schnittlinie der ersten kaustischen Fläche mit der Meridianebene zwischen den entsprechenden Fokalpunkten eine Spitze hat. Von der ersten kaustischen Fläche kennt man die drei den tangentialen Schnittweiten entsprechenden Punkte und in diesen die beiden durch die betreffenden Asymmetrienwerte gegebenen Krümmungen, von der zweiten

kaustischen Fläche die entsprechenden drei durch die sagittalen Schnittweiten bestimmten Punkte und die Tangenten der Kantlinie in denselben. Weitere Daten dürften im allgemeinen nicht nötig sein, aber für eine eingehende Untersuchung kann dieselbe Procedur längs mehreren Strahlen wiederholt werden, und man kann endlich um Anhaltspunkte für die Begrenzung der kaustischen Flächen zu gewinnen, ein paar passend gewählte windschiefe Randstrahlen trigonometrisch verfolgen.

Bei dieser Methode der Untersuchung der Strahlenvereinigung ist als wesentliches Moment die exakte Untersuchung der kaustischen Fläche an Stelle der Ermittelung der Grösse des Zerstreuungskreises durch Serien gesetzt worden. Will man Serien haben, so können die Asymmetrien- und Aberrationswerte unmittelbar zu solchen angewendet werden, indem dieselben nur in den von mir an anderer Stelle gegebenen Formeln einzusetzen sind.

Für die Ermittelung der Bildflächen braucht man nur eine geringere Zahl verschieden geneigter Hauptstrahlen zu untersuchen, wenn längs denselben nicht nur die Schnittweiten, sondern auch die Tangentialebenen der Bildflächen mit den oben angegebenen Formeln berechnet werden. Ähnliches gilt von der Distorsion. Zur Beurteilung derselben steht nämlich längs jedem trigonometrisch berechneten Hauptstrahle nicht nur der Abstand seines Schnittpunktes vom achsialen Bildpunkte zur Verfügung, sondern auch nach Ermittelung der Projectionscoefficienten auf der Bildebene die Krümmung der die Meridianebene senkrecht schneidenden, einer Geraden an der Objektebene entsprechenden Linie, und man hat ausserdem im Asymmetrienwert des tangentialen Projectionscoefficienten einen Index für die Beurteilung des Grades der Distorsion in der nächsten Umgebung.

Dieselben Formeln, welche bei der mathematischen Untersuchung fertig berechneter Instrumente dienen, leisten bekanntlich auch auf die eine oder andere Weise bei der *Berechnung* und Neuconstruction von Instrumenten entsprechende Dienste. In dieser Hinsicht enthalten die hier ermittelten Gesetze dritter Ordnung, soweit dieselben auf Umdrehungssysteme angewendet werden, keine Neuerungen, da nunmehr die betreffenden Formeln auch für „deformirte Flächen" behandelt worden sind.[1] Die Summenformeln unterscheiden sich aber von den gewöhnlichen dadurch, dass dieselben geometrisch exakte Grössen geben, mithin ohne Entwickeln in Serien angewendet werden können, während derjenige, welcher ohne Serien oder sogar ohne eine Rückprojection eines Zerstreuungskreises in die Objektebene nicht auskommt, die Formeln auch auf diese Weise anwenden kann. Die Einführung der jedes Medium in Bezug auf den Objektraum charakterisirenden Vergrösserungscoefficienten und der ähnlich hergeleiteten Werte χ hat es ermöglicht, den Summenformeln eine allgemeingiltige Form zu geben, bei welcher unter dem Summenzeichen nur Grössen vorkommen, die sich auf die Brechung in der betreffenden Fläche beziehen. Die Anwendung der geometrisch charakterisirten, aus der Flächengleichung ebenso leicht herzuleitenden wie im vorliegenden Falle durch Messung zu ermittelnden Abflachungs-

[1] M. v. Rohr, Die Theorie der optischen Instrumente I, Berlin 1904.

werte der brechenden Flächen dürfte auch der Benutzung sogenannter Deformationscoefficienten vorzuziehen sein.

Die Überführung dieser Summenformeln in die gewöhnliche Form erfolgt unter Anwendung einfacher Transformationen, wonach dieselben ähnlich wie die SEIDELschen behandelt werden können, mit welchen sie für sphärische Flächen identisch sind. Die Grössen

$$\frac{\mu K_1 \gamma_1}{p_1 - s_1} \qquad \frac{\mu K_2 \gamma_2}{p_2 - s_2},$$

welche überall im System unverändert bleiben, kommen hierbei in erster Linie zur Verwendung. Beim Vergleiche der Abflachungswerte der brechenden Flächen mit den Deformationscoefficienten hat man zu beachten, dass nach der Definition dieses Coefficienten von SIEDENTOPF[1] $\varkappa = -\frac{\Phi}{24}$, in den Formeln von KÖNIG und v. ROHR[2] $\varkappa = \frac{\Phi}{6}$ zu setzen ist. Die Wahl der Vorzeichen hängt von der geometrischen Bedeutung der angewendeten Grössen ab und ist an den bezüglichen Stellen erläutert worden. Die Bildflächenkrümmungen haben dabei, der Einheitlichkeit wegen, entgegengesetztes Vorzeichen gegen das sonst gebräuchliche bekommen.

Dagegen dürften die Gesetze zweiter Ordnung bei einfacher Asymmetrie geeignet sein, neue Hilfsmittel auch für die Berechnung von sphärischen Systemen zu liefern.

Da in Umdrehungssystemen die Krümmung der u-Linie bei endlicher Neigung des Hauptstrahles stets endlich ist, so muss, wenn die betreffende Summe gleich Null ist, $\tau' = \varsigma'$ sein. Es ist somit

$$\sum \frac{\tau \varsigma q}{\mu^3 \cos i \, K_1 K_2 \gamma_2} \left(W \Delta \mu \cos i + \frac{\mu \sin i}{\rho_{II}} \Delta \frac{\cos i}{\tau} - \mu \sin i \, \Delta \frac{1}{\varsigma q} \right) = 0$$

die allgemeingiltige *Bedingung der anastigmatischen Brechung* bei endlicher Neigung des Hauptstrahles in Umdrehungssystemen, wie auch diese Gleichung bei abnehmender Neigung des Hauptstrahles schliesslich in die Bedingung dafür übergeht, dass die Bildflächen eine und dieselbe Krümmung haben, wie oben gezeigt wurde.

Diese Formel ist natürlich nicht an und für sich zur Berechnung des anastigmatischen Instrumentes bestimmt, liefert aber in Zusammenhang mit den übrigen Summenformeln — zumal für die Überschlagsrechnung unter Vernachlässigung der Dicken — einfache Beziehungen. Wird das Bild auf einer durch den Bildpunkt senkrecht zur Umdrehungsachse gelegten Ebene untersucht, so ist die Summenformel für die Krümmungsasymmetrie bei der Abbildung

$$\frac{c_2}{K_1} = -\sum \frac{K_2^2 \tau q^2}{\mu K_1 \cos i \, (q - \varsigma)^2} \left(W \Delta \mu \cos i + \frac{\mu \sin i}{\rho_{II}} \Delta \frac{\cos i}{\tau} - \mu \sin i \, \Delta \frac{1}{q^2} \right),$$

wobei für eine distorsionsfreie Abbildung $c_2 = 0$ gesetzt werden muss. Für die Überschlagsrechnung zur Berechnung einer anastigmatischen und distorsionsfreien Abbildung

[1] Ebenda S. 26.
[2] Ebenda S. 323.

bei einer bestimmten Neigung des Hauptstrahles unter Vernachlässigung der Dicken multiplicirt man die beiden Gleichungen mit beziehungsweise

$$\frac{\mu^2 K_2 \chi_2}{\varsigma q} \qquad \frac{(q-\varsigma)^2}{K_2^2 q^2},$$

welche Grössen unter der angegebenen Voraussetzung für jedes Medium unveränderlich bleiben. Es resultirt durch Subtraktion

$$\sum \frac{\tau \operatorname{tg} i}{K_1} \Delta\left(\frac{1}{\varsigma q} - \frac{1}{q^2}\right) = \sum \frac{\mu \tau \operatorname{tg} i}{K_1} \left(\frac{1}{\varsigma} - \frac{1}{q}\right) \Delta \frac{1}{\mu q} = 0$$

und unter Berücksichtigung, dass $\mu\left(\frac{1}{\varsigma} - \frac{1}{q}\right)$ bezw. $\frac{p K_1}{\tau \chi_1}$ bei Vernachlässigung der Dicken im ganzen System unverändert bleibt,

$$\sum \frac{\tau \operatorname{tg} i}{K_1} \Delta \frac{1}{\mu q} = 0 \text{ bezw. } \sum \frac{p \operatorname{tg} i}{\chi_1} \Delta \frac{1}{\mu q} = 0.$$

Die Erfüllung dieser Bedingung genügt mithin, um unter der gegebenen Voraussetzung in einem distorsionsfreien Instrument anastigmatische Brechung zu erzielen, und umgekehrt um bei anastigmatischer Brechung die Krümmungsasymmetrie bei der Abbildung zu heben. Auf ähnliche Weise findet man die Bedingung

$$\sum \frac{\tau \operatorname{tg} i}{K_1} \Delta \frac{1}{\mu \varsigma} = 0$$

für die gleichzeitige Hebung des Astigmatismus und Vernichtung der transversalen Asymmetrie im Objektstrahlenbündel.

Auf die Technik der Anwendung dieser und ähnlicher aus den Summenformeln herzuleitender Beziehungen soll nicht näher eingegangen werden. Dieselbe schliesst sich der für die SEIDELschen Formeln ausgebildeten an, und die bezüglichen Transformationen sind unter Anwendung der Werte

$$\frac{\mu K_1 \chi_1}{p - \tau} \qquad \frac{\mu K_2 \chi_2}{q - \varsigma},$$

welche auch bei endlichen Dicken überall im System unveränderlich bleiben, einzuleiten.

Was speciell die Distorsion betrifft, so ermöglichen die Formeln, dieselbe ebenso gut dann zu berechnen, wenn die Bildebene nicht durch den betreffenden Bildpunkt geht, und es sind dieselben Formeln nach Durchrechnung für eine bestimmte auch für eine andere beliebige Objektlage verwendbar. Endlich wurde durch die Einführung der Krümmungsasymmetrien der brechenden Flächen erreicht, dass die Berechnung bei Umdrehungsflächen beliebiger Form mit derselben Genauigkeit wie bei sphärischen Flächen ausgeführt werden kann.

Die praktische Tragweite dieser für beliebige Umdrehungsflächen streng giltigen Gesetze wird offenbar in erster Linie durch die Fortschritte in der Technik der Herstellung solcher Flächen am Glasmateriale bestimmt. Da aber der Effekt auch bei

endlich geneigtem Hauptstrahle exakt berechnet werden kann, so dürfte schon die Einführung einer einzigen passend geformten, nicht sphärischen Umdrehungsfläche in einem sonst aus sphärischen Flächen bestehendem System der Hinzufügung mehrerer sonstiger Correctionsmittel gleichwertig sein.

Die Gesetze zweiter Ordnung können auch dazu dienen, in Instrumenten, welche eine Anwendung auf asymmetrisch gebaute Strahlenbündel bezwecken, die gewünschte Correction zu berechnen. Dies ist z. B. der Fall bei Instrumenten, welche mit einem Prisma verbunden sind, ohne dass die Strahlen unter parallelem Gange das Prisma durchsetzen. Es kann dabei die durch die Passage durch das Prisma entstehende Verschlechterung des Bildes exakt berechnet werden, und die entwickelten Formeln enthalten das nötige Material, um die übrige Construction des Instrumentes so zu berechnen, dass diese Verschlechterung aufgehoben wird.

Sowohl die Gesetze zweiter Ordnung wie die der dritten haben eine solche Form erhalten, dass mit den bezüglichen Formeln auch Systeme mit zwei Symmetrieebenen — symmetrische Systeme — welche nicht aus Umdrehungsflächen bestehen, berechnet werden können, wobei letztere längs dem achsialen Strahle, erstere längs einem beliebigen, in einer Symmetrieebene liegenden Hauptstrahle Verwendung finden, während für Hauptstrahlen, welche nicht in einer Symmetrieebene liegen, durch die Gesetze erster Ordnung überall die Orientirung der abbildbaren Linien und der Bildlinien sowie die Vergrösserungscoefficienten erhalten werden.

Die Zukunft solcher Systeme lässt sich zur Zeit nicht überblicken. Wozu Instrumente für anamorphotische Abbildung Gebrauch finden können, seitdem die Möglichkeit der exakten Berechnung derselben vorhanden ist, lässt sich wohl noch nicht sagen. Sehr wahrscheinlich ist indessen, dass bicylindrische Lupen, exakt berechnet, für gewisse bestimmte Zwecke wegen des Verlaufes der abbildbaren Linien Vorzüge bieten werden.

Aber auch astigmatische Instrumente, in welchen alle Mittel auf die eine Abbildung concentrirt werden, dürften für gewisse Zwecke Besseres leisten können als gewöhnliche. Findet man doch schon hie und da eine Cylinderlinse an der Stelle einer spärischen bei gewissen Spektraluntersuchungen angewendet, obwohl die vollkommen uncorrigirte Cylinderlinse offenbar einer exakt berechneten unterlegen sein muss. Besonders wo es sich darum handelt, ausgedehnte Systeme von relativ kurzen Linien, wie Skalen, Linienspektra, abzubilden, dürften astigmatische Instrumente, welche ausschliesslich für diese eine Abbildung unter völliger Vernachlässigung der anderen berechnet worden sind, Dienste leisten können. Es kann auch in Frage gesetzt werden, ob nicht in gewissen Instrumenten, wo es sich nicht um die Wahrnehmung der Form, sondern nur um die Erkennung einer Collimation handelt, eine astigmatische Construction gewisse Vorzüge bieten würde, da das Feld der exakten Collimation wegen der Orientirung der abbildbaren Linien grösser gemacht werden könnte.

Endlich giebt es eine Categorie von astigmatischen Systemen — die astigmatischen Brillen — für welche schon verschiedene Constructionsmittel in der Zusammen-

setzung aus sphärischen, cylindrischen und torischen Flächen vorliegen, welche ohne die ermittelten Gesetze nicht exakt berechnet werden können, und für welche besonders die Orientirung der abbildbaren Linien im Felde des aus beweglichem Auge und unbeweglicher Brille zusammengesetzten Systemes von Bedeutung ist.

Tryckt den 28 maj 1906.

Uppsala 1906. Almqvist & Wiksells Boktryckeri-A.-B.

Uppsala 1906. Almqvist & Wiksells Boktryckeri-A.-B.

12,277

KUNGL. SVENSKA VETENSKAPSAKADEMIENS HANDLINGAR. Band 41. N:o 4.

NORTHERN

AND

ARCTIC . INVERTEBRATES

IN THE

COLLECTION

OF THE

SWEDISH STATE MUSEUM

(RIKSMUSEUM)

III.

OPISTHOBRANCHIA AND PTEROPODA

BY

NILS ODHNER

WITH THREE PLATES

COMMUNICATED MAY 9TH 1906 BY HJ. THÉEL AND CHR. AURIVILLIUS

UPPSALA & STOCKHOLM. ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI-A.-B.

BERLIN
R. FRIEDLÄNDER & SOHN
11 CARLSTRASSE

LONDON
WILLIAM WESLEY & SON
28 ESSEX STREET. STRAND

PARIS
LIBRAIRIE H. LE SOUDIER
174 BOULEVARD S:T GERMAIN

KUNGL. SVENSKA VETENSKAPSAKADEMIENS HANDLINGAR. Band 41. N:o 4.

NORTHERN

AND

ARCTIC INVERTEBRATES

IN THE

COLLECTION

OF THE

SWEDISH STATE MUSEUM

(RIKSMUSEUM)

III.

OPISTHOBRANCHIA AND PTEROPODA

BY

NILS ODHNER

WITH THREE PLATES

COMMUNICATED MAY 9TH 1906 BY HJ. THÉEL AND CHR. AURIVILLIUS

UPPSALA & STOCKHOLM
ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI-A.-B.
1907

CONTENTS.

P.

Introduction 5
Systematic Section 7
Opisthobranchia 7
Synopsis of Families 7
Synopsis of Genera and Species 10
Pteropoda 38
Synopsis of Families 38
Synopsis of Genera and Species 38
Geographical and Bathymetrical Distribution 40
Description of New Forms 97
List of Works referred to 103
Index 108
Explanation of the Plates 113

Introduction.

The present work has been prepared on the basis of the very complete collections of northern and arctic mollusca, which the Swedish State Museum has acquired during the process of time and which have hitherto been only partially dealt with by scientists. The geographical area from which they have been gathered comprises the following waters: the Baltic Sea, the Kattegatt, the Skagerrack and the North Sea, the Atlantic and the Arctic Oceans off the coast of Norway, the Kara and the White Seas, the Arctic Ocean off Siberia and to some extent the Behring Sea, the Coasts of Spitzbergen, Iceland and Greenland, and the northern parts of the Atlantic together with Davis Strait and Baffin Bay.

A survey of the expeditions which brought the collections home is given by Professor Hj. Théel in K. Sv. Vet.-Akad. Handl. Bd. 39, H. 1; that survey is here referred to when dates are annexed to the localities given.

In order to complete the fauna of that area those forms are also included, which are found within it but which are not represented in the Museum collections. All these latter are printed in brevier type for the sake of distinction. The specimens that I have myself seen, that is to say the collections in the State Museum and those in the Museums at Uppsala and Gothenburg, are put under the heading of »Habitat». The localities of »General Distribution» are quoted from several works; the works quoted from are arranged chronologically in an enclosed survey of literature.

In the first part of this paper there is given a systematic synopsis of the forms. This is intended to constitute a graphic representation of their reciprocal relationship, so far as this has been hitherto established, and to give a clue for the determination of forms met with. The system is worked out with the guidance of Fischer's, Bergh's and Pelseneer's works on Opistobranchs.

To synonyms no very close study has been devoted, only the most essential ones have been mentioned.

The index contains all the names met with in the paper, arranged in alphabetical order, and, in addition, the generic names, under which the species are described.

The figures drawn in colours will undoubtedly be a help in the study of this paper. They belong to a collection, which LOVÉN had made for the purpose of prospective reproduction.[1] They were painted by the two celebrated artists, F. and W. v. WRIGHT, and serve to complete in certain respects LOVÉN's »Index Molluscorum Scandinaviæ», which has hitherto been almost the only source whence a knowledge was obtainable of the marine molluscan fauna found off the Swedish west-coast; to this work several figures also refer which LOVÉN has numbered himself. Only a few of the figures were followed by measurements stating the natural size; these are retained here as they appeared, and the omissions must be filled in from the statements of length in the systematic section of the present paper.

The figures could not be arranged in systematic order, for the exigencies of printing have necessitated the colour tone being considered in the first place.

The new specimens which are found in the collections are figured on Plate I. For want of space four figures also have been printed in the text. The descriptions of the new forms are brought together particularly in the end of the report.

Now there only remains for me to express my gratefulness to those, who have aided me in my labours, especially to Professor HJ. THÉEL, who has kindly placed the collections at my disposal, aided me by the loan of literature and with invaluable advice, and to Mr. G. LILJEVALL, who has drawn and put together the plates with his well-known ability.

[1] Compare the extract from a letter to Berzelius, cited by Professor THÉEL in »Sven Ludvig Lovén» (Lefnadsteckn. öfver K. Sv. Vet. Akad:s ledamöter Bd. 4 H. 3 sid. 48).

Opisthobranchia.

Heart with the auricle mostly behind the ventricle; respiratory organ a ctenidium, secondary branchiæ or none; nervous system, with a few exceptions, of the euthyneurous type; animal always hermaphrodite.

Synopsis of Families.

Subordo I Tectibranchia.

Right ctenidum usually present, more or less enclosed in a mantle-cavity; shell mostly present, external or internal, often rudimentary.

A. Bulloidea (Cephalaspidea): Head with the tentacles coalesced to a broad disc; parapodia more or less developed.

1. Shell external,
   a. with operculum; spire elevated; columella with a strong fold; no parapodial lobes; radula ∞.0.∞ *Fam. Actæonidæ.*
   b. without operculum; spire mostly concealed; columella with no or only a slight fold.
      +. Radula absent; no parapodial lobes; in the stomach 3 flat, oval cartilaginous plates with coarsely tuberculated inner faces; cephalic disc produced in two erected processes behind *Fam. Tornatinidæ.*
      ++. Radula present; cephalic disc without produced lobes; parapodia well developed (except in Diaphana).
         α. Radula narrow, 1.1.1 or (2—5).1.1.1.(2—5); shell compact and inflexible, not covered by the parapodia; stomach-plates 3 calcareous, or none *Fam. Scaphandridæ.*
         β. Radula broad, ∞.1.∞; shell very thin and flexible; aperture with a posterior slit at the suture; parapodial lobes reflexed over the shell; stomach plates numerous, cartilaginous *Fam. Aceridæ.*
2. Shell internal, consisting of two or three whorls only; aperture large; body oblong; parapodial lobes more or less folded over the back; radula without lamina media *Fam. Philinidæ.*

B. Aplysoidea (Anaspidea): No cephalic disc; tentacles and rhinophores well developed; parapodia very important.
Parapodia reflexed over the back; shell wholly or partly covered by the mantle *Fam. Aplysiidæ.*

C. Pleurobranchoidea (Notaspidea): The dorsum forming a shield-like plate, notæum, on or in which a shell is usually placed; no head-shield nor parapodia. Ctenidium inserted in the middle of the right side and stretched backwards.
1. Shell in the notæum, or wanting *Fam. Pleurobranchidæ.*
2. Shell external, patella-shaped, with a nearly central apex *Fam. Umbraculidæ.*

Subordo II Nudibranchia.

No ctenidia; back generally with symmetrical processes or »papillæ», mostly functioning as gills; no mantle-cavity; shell present only in earlier stages of evolution.

A. Tritonoidea: Heart on the right side of the median line; male and female ductus genitalis with joint orifices; vagina with receptaculum seminis only; liver compact or divided in one posterior and two anterior parts with or without diverticles to the dorsal processes; no blood-gland near the central ganglia; mandibulæ present.
1. Papillæ containing no liver-processes and without respiratory function (Herdman 1890); body in transversal section quadrangular.
a. Rhinophores retractile within vaginæ; no oral tentacles; head with a semicircular velum; papillæ ramified; mandibulæ in the anterior margin of the bulbus with processes; radula broad, $\infty . 1 . \infty$.
+. Velum with short digitiform processes or papillæ; vaginæ of the rhinophores everted at the top; the back with lateral appendages only *Fam. Tritoniidæ.*
++. Velum smooth; vaginæ of the rhinophores with the margin bilobed; the back with three series of processes *Fam. Atthilidæ.*
b. Rhinophores without vaginæ; oral tentacles small; head with produced lateral lobes united to the foot; papillæ small, sparse-set on the back; mandibulæ lateral without processes; radula narrow, 1.1.1 *Fam. Goniæolididæ* n. fam.
2. Papillæ ramified without liver-processes and respiratory function (Herdman 1890); body slug-shaped; the vaginæ of the rhinophores with ramose marginal lobes; no oral tentacles; head-margin with branched processes; mandibulæ lateral, with processes; radula broad, $\infty . 1 . \infty$ *Fam. Dendronotidæ.*

B. Doridoidea (Holohepatica): Heart in the median line; female ductus genitalis divided into two parts, each sometimes with an orifice of its own united with or separated from the male one; vagina with a spermatocyst in addition to the receptaculum seminis; liver undivided; a blood-gland near the central ganglia; mandibulæ usually absent; gills surrounding the dorsal anus (except in Doridoxa).

1. Gills absent; anus lateral on the right side *Fam. Doridoxidæ.*
2. Gills surrounding the dorsal anus,
   a. nearly always retractile; anterior tentacles usually present, digitiform or conical (Cryptobranchia) *Fam. Doridídæ.*
   b. never retractile; tentacles lobe-shaped or replaced by a velum (Phanerobranchia).
      +. Pharynx without ingluvies; mantle-margin prominent or not, mostly with cirri (Non Suctoria) *Fam. Polyceridæ.*
      + +. Pharynx with an ingluvies at the upper side; mantle-margin generally prominent with or without cirri (Suctoria) *Fam. Goniodoridídæ.*

C. **Aeolidoidea (Cladohepatica)**: Heart in the median line; male and female porus genitalis united to one orifice; vagina with a receptaculum seminis only; liver ramified; no blood-gland; anus usually lateral; mandibulæ present, lateral.

1. The back with papillæ, enclosing the liver-lobes.
   a. Oral tentacles present; rhinophores without vaginæ, not retractile; papillæ usually claviform or cylindrical, mostly with cnidocysts *Fam. Aeolidídæ.*
   b. No oral tentacles; rhinophores retractile within wide vaginæ; cnidocysts absent; papillæ with rings of minute tubercles, in one series on each side; foot with the anterior angles rounded; margin of the mandibulæ smooth; anus lateral; penis unarmed *Fam. Dotonidæ.*
2. The back without papillæ; tentacles = broad side-lobes of the anterior part of the head; back flattened or slightly convex; rhinophores with laminated clubs, retractile within short sheaths; radula $\infty . 1 . \infty$.
   a. Gills lamelliform on the under-side of the prominent pallial margin *Fam. Pleurophyllidiidæ.*
   b. Gills absent *Fam. Pleuroleuridæ.*

D. **Elysoidea (Ascoglossa)**: Heart and liver as in Aeolidoidea; male and female porus genitalis separated; vagina with both spermatocyst and receptaculum seminis; pharynx on the under-side with a sac, receiving the worn teeth: mandibulæ absent; ganglia 7, separated, connected by commissures.

1. The sides of the back with leaf-like or club-like processes (Cirrobranchia) *Fam. Hermæidæ.*
2. The sides of the body forming broad lobes, containing the liver-branches (Pterobranchia) *Fam. Elysiidæ.*
3. Body smooth, slug-like, without processes and lobes (Abranchia) *Fam. Limapontiidæ.*

Synopsis of Genera and Species.

Fam. Actæonidæ.

Actæon Montfort 1810.

Shell spirally striated; whorls 7—8; columella with a prominent fold; colour reddish or violet, often with 3 white spiral girdles. The cephalic disc reflexible over the anterior part of the shell. L. about 17 mm. A. tornatilis (Linné 1766).

Shell pellucid, greenish and more shining than in the type, with 4 whorls and yellow spiral bands. L. 3,8 mm. var. tenellus Lovén 1846.

Fam. Tornatinidæ.

I. Shell cylindrical or conical; spire obtuse — Retusa Brown.
II. Shell contracted at both ends; spire acuminated — Volvula Adams.

Retusa Brown 1827.
Utriculus Brown 1844.[1]

I. Spire concealed.
  A. Apex abruptly truncated.
    1. The last whorl not tapering from the middle upwards; no spiral striæ; outer lip projecting beyond the apex; shell constricted in the middle; colour white. L. 4 mm. R. truncatula (Bruguière 1792).
    Shell more transparent, nearly cylindrical, not constricted in the middle. L. 5 mm. var. pellucida (Brown 1827).
    2. The last whorl tapering backwards, abruptly conical; spiral striæ indistinct; outer lip projecting beyond the apex and furnished with a sharp keel surrounding the sunken apex. L. 8 mm. R. ovata (Jeffreys 1870) = conulus (Deshayes) in G. O. Sars 1878.
  B. Apex obtusely rounded.
    1. Shell umbilicated and spirally striated; columella folded.
      a. The breadth of the shell = the half length.
        +. Apex deeply and widely perforated; colour white. L. 4 mm. R. umbilicata (Montagu 1803).
        ++. Apical perforation smaller; columellar fold and striæ very distinct; colour white, epidermis brown. L. 2 mm. R. strigella (Lovén 1846).
      b. The breadth = 3/4 of the length; shell with a few coarse spiral ridges and microscopical striæ. L. 2,9 mm. R. substriata (Jeffreys 1877).

[1] The name Utriculus was employed by Schumacher in 1817 for a Prosobranch.

2. Shell without umbilicus and striæ; columella not folded; apical perforation narrow; colour white. L. 3 mm. R. nitidula (Lovén 1846).

II. Spire prominent.

A. Outer lip not extended unto the apex, which is flattened and spirally twisted; whorls 4; no spiral sculpture; umbilicus minute or none.

1. Whorls sligthly angulated at the suture; columella mostly without fold; shell transparent, whitish or light brown; spire low; breadth of the shell = $^2/_3$ of the length. L. 2,5 mm. R. pertenuis (Mighels 1839) = semen (Reeve 1855).

Spire elevated; whorls step-like. L. 3,5 mm. var. turrita (Möller 1842).[1]

2. Whorls rounded at the suture; columella with an obscure fold; shell opaque, white or creamy, its breadth = $^3/_5$ of the length. L. to 7 mm. R. obtusa (Montagu 1803).[2]

B. Outer lip as high as the apex; shell spirally striated.

1. Apex flattened; whorls 4, shell ovate (its breadth = $^5/_8$ of the length), white with a yellowish cuticula. L. 7—8 mm. R. Gouldi (Couthouy 1839).

2. Apex slender and wart-like, shell cylindrical (its breadth = $^1/_2$ of the length), white and subpellucid. L. 3 mm. R. mamillata (Philippi 1836).

Volvula A. Adams 1850.

Shell convoluted, sculptured with very fine spiral striæ towards the ends; colour white, transparent; columella a little thickened; aperture very narrow, wider at the lower end. L. about 3,5 mm. V. acuminata (Bruguière 1792).

Fam. Scaphandridæ.

I. Stomach with 3 calcareous plates; foot truncated or slightly bilobed behind; parapodia present; shell opaque, with the spire concealed.

A. Radula 1.1.1; aperture of the shell much dilated below; spiral striæ punctured; animal with the cephalic disc produced behind in two lobes.

1. Vertex of the shell covered by a callus, imperforate; laterals of the radula long, arcuated; columella concave; animal not perfectly retractible into the shell Scaphander Montfort.

2. Vertex of the shell perforated; laterals of the radula broad, triangular; columella forming a central pillar, slightly sinuous Atys Montfort.

B. Radula (2—5).1.1.1.(2—5), laterals claw-like; aperture of the shell usually slightly widened below; spiral striæ not punctured, often absent; cephalic disc truncated, without lobes; animal retractile into the shell; vertex not perforated Cylichna Lovén.

[1] Leche describes (1878) another var. *elongata* with the spire elevated.

[2] Whether R. obtusa is a distinct species or only a southern form of R. pertenuis is a doubtful point.

II. Stomach without plates; foot forked behind, with small parapodia; shell thin, transparent, globose; spire concealed or prominent; animal retractile into the shell; radula 1.1.1, the laterals crossing the laminæ mediæ Diaphana Brown.

Scaphander Montfort 1810.

I. Spiral striæ deeply impressed, in the bottom with fine punctures; outer lip in the middle almost straight, rounded above and, seen from the top, bowed in S-form with a wide concavity near the apex, which is sunken and surrounded by a keel. Cuticula yellowish. L. unto 28 mm. S. lignarius (Linné 1766).

II. Spiral punctures very distinct; outer lip slightly bowed, angled above and, seen from the top, convex up to the apical insertion; apex without keel, not sunken; shell in the middle broader, the aperture less dilated below. Cuticula yellow or brown. L. about 35 mm.
S. punctostriatus (Mighels 1841) = librarius Lovén 1846.

Atys Montfort 1810.

The spiral striæ less distinct in the middle of the shell; outer lip extended above the apex which is furnished with a groove-like perforation; columella with a strong fold; shell umbilicated. Colour yellowish, cuticula darker. L. up to 12 mm.
A. utriculus (Brocchi 1814) = Bulla Cranchii Leach 1847.

Cylichna Lovén 1846.

I. The central teeth of the radula with the margin scarcely incised in the middle; the length of the shell $\geqq$ the double breadth; suture with a broad slit between the outer lip and the body-whorl.
   A. Radula 3.1.1.1.3; shell with parallel sides, cylindrical, its length nearly 3 times the breadth; columella equally bowed, without sinus near the lower end but with a broad fold; spiral striæ microscopical. Cuticula dark-yellow. L. to 9 mm. C. cylindracea (Pennant 1777).
   B. Radula 5.1.1.1.5; ends of the shell rounded; columella with a distinct sinus below; outer lip prominent over the apex; spiral striæ fine but distinct; shell broadest in the middle, its length = twice the breadth; columella with a distinct fold; cuticula light yellow. L. 11 mm. C. alba (Brown 1827).
   Shell cylindrical; columella with indistinct fold; apex broadly truncated; cuticula thick, brownish. L. 8 mm. var. corticata (Möller 1842).

II. The central teeth of the radula with the margin deeply incised in the middle; the length of the shell < twice the breadth. Radula 2.1.1.1.2.[1]
   A. Shell broadest below the middle; superior end a little narrower than the base; the striæ equally close over the whole shell, not very deep; columella usually bent to the right, by which the columellar sinus grows more concave.
      1. Outer lip much extended beyond the apex, angled above; superior end of the shell growing narrower from the middle to the apex; columellar mar-

[1] For the synonyms of the following species see Leche 1878.

gin with a strong convexity. Striæ broad, straight, at regular distances from each other; colour mostly light yellowish. L. 10 mm.[1]
C. insculpta (Totten 1835).
Shell thick, almost opaque var. valida Leche 1878.

2. Outer lip a little extended above, rounded; superior end of the shell rather broad; columellar margin with or without a very small convexity. Striæ linear, undulatory with irregular interspaces; colour reddish yellow or brown. L. 7 mm. C. Reinhardti (Möller 1842).

B. Shell broadest above the middle; superior end very wide; the striæ more close-set towards the outer margin, deeply engraved; columellar margin usually bent to the left, whereby the sinus becomes less concave; colour whitish. L. 9 mm. C. scalpta (Reeve 1855) = propinqua (M. Sars 1858).

Shell of uniform breadth, the length not quite 3 times the breadth, both ends distinctly truncated; the outer lip without slit at the suture, extended to the height of the apex, not beyond it; spiral sculpture very indistinct. Colour milky-white and glossy. Radula? L. 4 mm. C. discus Watson 1886.

Diaphana Brown 1833.
Amphisphyra Lovén 1846.

I. Apex not perforated, broadly flattened; outer lip a little inflexed above the middle.

A. Length > breadth; columella vertically descendent or bent to the left; aperture not extremely expanded.

1. Outer lip not extended beyond the apex; umbilicus narrow; spire depressed; whorls 3—5, hyaline, without sculpture. L. to 5 mm.
D. hyalina (Turton 1834) = debilis (Gould 1840).
Spire wart-like, prominent. L. 3 mm.
var. spirata n. n. = debilis (Gould) in Pilsbry 1893.

2. Outer lip produced beyond the sunken apex; umbilicus rather wide; whorls 2—3 with very indistinct spiral keels. L. unto 4 mm. Shell hyaline with yellowish cuticula D. glacialis n. sp.
Pl. I figs. 1—5.

B. Length a little larger than breadth; columella bent to the right and the aperture obliquely expanded below; spire depressed; whorls 3—4, the penultimate projecting a little; umbilicus narrow. L. 6 mm. Shell hyaline
D. exspansa (Jeffreys 1864).

II. Apex perforated, broadly rounded; outer lip produced above the apex.

A. Shell without sculpture; outer lip rounded at the suture.

1. Umbilicus distinct; outer lip flattened above the middle. L. 4 mm. Shell vitreous D. globosa (Lovén 1846).

[1] The diagnosis made with guidance of the specimens from Kara Sea, determined by Leche.

2. Umbilicus partially closed; outer lip strongly sinous, much produced above. L. c. 2,5 mm. Shell horn-coloured D. hiemalis (COUTHOUY 1839).

B. Shell pellucid with close, impressed spiral striæ; outer lip sharply angulated at the top, sinuous; aperture not dilated. L. 6 mm. Radula similar to that of a Philine, with denticulated laterals D. densistriata (LECHE 1878).

Fam. Aceridæ.

Acera MÜLLER 1776.

Stomach-plates 12—14; cephalic disc long, narrow; animal not perfectly retractile into the shell.

Shell with microscopical striæ; spire flattened, surrounded by a sharp keel; cuticula pale brown. Whorls 3—4. Colour of the animal brownish. L. 50 mm, animal; 14 mm, shell A. bullata MÜLLER 1776.

Pl. II figs. 1—3.

Fam. Philinidæ.

Philine ASCANIUS 1772.

Cephalic disc very large; parapodia erected, swollen; mantle covering the shell wholly and produced beyond it behind; shell vitreous or opaque.

I. Stomach-plates distinct, calcareous.

A. Radula without uncini, 1.0.1; shell broadly oval.

1. Spiral sculpture none; outer lip reaching up above the apex, and

a. arcuated above; shell subpellucid; aperture uniformly rounded below. L. 45 mm, animal; 15—20 mm, shell

Ph. aperta (LINNÉ 1766) = quadripartita ASCANIUS 1772.

Pl. III fig. 1.

b. forming a right angle above; shell vitreous, aperture obliquely expanded. L. 3 mm, shell

Ph. vitrea M. SARS 1870 = infortunata PILSBRY 1895.

2. Shell with spiral sculpture.

a. Spiral striæ close, fine and undulating, outer lip depressed above, not extended beyond the apex.

+. Laterals of the radula serrated in the margin.

α. Shell elongated, much contracted above, broadest below the middle; last whorl only a little convex; suture terminating in a slit; sculpture microscopical. Head, without median furrow, > the mantle. L. 9—12 mm, shell Ph. Ossian-Sarsi FRIELE 1877.

β. Shell very broad, oval; the last whorl strongly convex; no slit at the suture. Apex and the superior lobe of the aperture obliquely truncated. Head-lobe = the mantle, white. L. 18 mm, animal; 7 mm, shell Ph. finmarchica M. SARS 1858.

Shell as in the following species var. intermedia KNIPOWITSCH 1901.

++. Laterals of the radula with smooth margin. Apex and the superior lobe of the aperture transversely truncated. Head-lobe < the mantle, white with light dots. L. 11 mm, shell Ph. fragilis G. O. SARS 1878.

b. Spiral striæ consisting of confluent impressed punctures; outer lip uniformly arcuated and prominent above the apex. L. 2 mm, shell Ph. cingulata G. O. SARS 1878.

B. Radula with a rudimentary uncinus on each side, 1.1.0.1.1; shell extended in length, with catenarian spiral striæ.

1. Aperture-margin not extended beyond the apex, rounded or forming nearly a right angle below. Outer lip not compressed at the top but strongly sinuous; the margin serrated below and at the top. Animal yellowish or greenish white, sometimes with black spots. L. 15 mm, animal; 8 mm, shell Ph. scabra (MÜLLER 1776).

Pl. I figs. 6—8; Pl. III fig. 2.

Outer lip compressed (slightly sinuous) at the top; the margin less serrated or smooth, rounded below var. Lovéni MALM 1853.[1]

Pl. I fig. 9.

2. Aperture margin extended beyond the apex, uniformly rounded in front and serrated. Animal yellowish white, the parapodia with reddish brown spots. L. 10 mm, animal; 4 mm, shell Ph. catena (MONTAGU 1803).

II. Stomach-plates rudimentary, cartilaginous; radula with 2 uncini on each side, 2.1.0.1.2; spiral sculpture consisting of oval rings.

a. Outer lip not extended above the apex; aperture regularly oval, rounded below. Animal light yellow with reddish brown dots; head-lobe oval. L. 5 mm, animal; 2 mm, shell Ph. punctata (CLARK 1828).

b. Outer lip extended above the apex, angled and projecting outwards at the top; aperture nearly quadrangular, truncated below; whorls with a keel at the suture. L. 3 mm, shell Ph. angulata JEFFREYS 1867.

III. Stomach-plates absent; radula with uncini, which are

A. strong, hamate,

1. on each side 1 (radula 1.1.0.1.1); shell smooth, elongated; outer lip acute-angled above, as high as the apex. Head-lobe oval. L. about 4 mm, animal; 1,8 mm, shell Ph. sinuata STIMPSON 1850 = nitida JEFFREYS 1867.

2. on each side 2 (radula 2.1.0.1.2); shell with catenarian spiral striæ.

a. Spire not prominent.

+. Shell rhomboidal, slightly contracted below the apex, which is narrow, of the same breadth as the superior lobe of the aperture. Head-lobe cut out behind. L. 16 mm, animal; 7 mm, shell Ph. quadrata (WOOD 1839) = scutulum LOVÉN 1846.

++. Shell oval; apex broadly rounded. Head-lobe slightly incised behind in the middle. L. 5 mm, animal (contracted); 3,5 mm, shell Ph. polaris AURIVILLIUS 1887.

[1] This variety, however, passes over into the type through a series of intermediate forms (see Pl. I figs 6—9).

b. Spire prominent; shell elongated; outer lip a little compressed above. Head-lobe deeply incised behind. L. 17 mm, animal; 7 mm, shell; uncini denticulated
Ph. lima (Brown 1827) = lineolata (Couthouy 1839).
Uncini smooth; sculpture consisting of distinct points without connecting lines var. frigida Knipowitsch 1896.

B. narrow, scarcely curved,

1. on each side 6 (radula 6.1.0.1.6); shell striated.

a. Shell latticed on the surface; outer lip scarcely compressed. Animal with the mantle incised behind; colour white, with opaque white spots. L. 17 mm, animal; 6 mm, shell Ph. pruinosa (Clark 1828).
Pl. III fig. 3.

b. Shell with spiral sculpture only; outer lip highly compressed behind. L. 10 mm.
Ph. flexuosa M. Sars 1870.

2. on each side 2 (radula 2.1.0.1.2); shell smooth, very broad (like a Diaphana). Mantle incised behind. L. 2,5 mm, shell Ph. velutinoides G. O. Sars 1878 =? ventricosa (Jeffreys 1867).

Fam. Aplysiidæ.

1. Parapodial lobes separated in front (subfam. Aplysiinæ). Rhinophores placed before the ends of the dorsal lobes; mantle open at the back; body smooth; radula ∞.1.∞ Aplysia Linné.

2. Parapodial lobes separated only by the genital groove (subfam. Dolabriferinæ). Rhinophores as in Aplysia: mantle closed, without dorsal opening; body mostly rough or warty; radula ∞.1.∞ Dolabrifera Gray.

Aplysia Linné 1766.
Tethys Linné 1758.[1]

Rhinophores and tentacles cylindrical with a longitudinal furrow in front. Colour dark-reddish, brownish or greenish with white dots. Shell an ovate, concave plate of a pale yellowish colour. L. 70—150 mm, animal; 17 mm, shell
A. rosea Rathke 1799 = punctata Cuvier 1803.
Pl. II figs. 4—7.

Dolabrifera Gray 1847.

Body elevated; tentacles and rhinophores very low and widely expanded. Colour dark olive-brownish, the body-sides and the sole darkest, the sides of the back with reddish brown spots. Shell elongated, truncated in front, with a prominent spire; its colour pale yellowish. L. 25 mm, animal; 10,5 mm, shell
D. Hollbölli Bergh 1872.

Fam. Pleurobranchidæ.

Pleurobranchus Cuvier 1804.

Radula ∞.2.∞. Tentacles replaced by a velum.
Gill-plume pectinated with about 20 teeth on each side; rhinophores cylindrical,

[1] The name Tethys was applied by Linné in 1766 to a Nudibranch.

divergent, with a furrow on the under side. Body gelatinous, yellow or reddish, with whitish spots. Shell internal, oval, flexible, with the spire over the side; whorls 2, very minute. L. about 30 mm, animal; 15 mm, shell

P. plumula (MONTAGU 1803) = sideralis LOVÉN 1846.

Fam. Umbraculidæ.

Tylodina RAFINESQUE 1819.

Head with a velum, terminating in tentacular lobes. Radula $\infty.1.\infty$.

Shell ovate, depressed-conic, obsoletely angulate-radiate, with two incomplete sinistral nuclear whorls at the recurved apex. Animal oblong, the head without rostrum, deeply slit in front into lanceolate lobes; rhinophores ear-shaped. Colour of the animal and epidermis of the shell purple. L. 10,7 mm, shell. (PILSBRY 1895).

T. Duebenii LOVÉN 1846.

The following forms, perhaps young specimens of Philine, may be added to the Tectibranchia.

Colpodaspis M. SARS 1870.

Head with a pair of tentacles; foot with expanded anterior lobes. Shell internal, globose-ovate, with the apex twisted, truncated; whorls 3. Radula 2.1.0.1.2.

L. of the shell, $1^2/_3$ mm. (SARS); L. of the animal 2,5 mm. (SARS) or $3^1/_4$ mm. (GARSTANG 1894).

C. pusilla M. SARS 1870.

Colobocephalus M. SARS 1870.

Head with tentacle-shaped side-lobes; foot dilated in front. Shell external, subauriform, very thin, with or without an indistinct epidermis; spire small; whorls 3; columella sinuous. Radula 2.1.0.1.2.

Shell with transversal costæ. L. 2,7 mm, animal; height of the shell 2 mm, breadth $2^2/_3$ mm.

C. costellatus M. SARS 1870.

Fam. Tritoniidæ.

Tritonia CUVIER 1802.

Ventriculus without dentition.

I. Velum incised in the middle, with small papillæ; radula with numerous laterals (subg. Tritonia).

A. Back slightly convex, warty; the bigger appendages (5—6 on each side) distinctly pedunculate, flexed inwards, the smaller ones prominent outwards; porus genitalis close by the margin of the back, half way between head and anus. Colour yellowish, brown or purplish; appendages light. Laterals of the radula smooth. L. 70—200 mm.

T. Hombergi CUVIER 1802 = fimbriata (VAHL 1806).

Pl. II fig. 18, Pl. III fig. 4

Laterals of the radula with margin-hooks. L. 25 mm.

var. alba ALDER & HANCOCK 1855.

B. Similar to T. Hombergi, but porus genitalis farther backwards and somewhat below the back. Colour pale reddish brown. L. 48 mm.
T. psoloides Aurivillius 1887.

II. Velum with fingered processes (subg. Candiella Gray 1857).

A. Velum incised in the middle, with 12 processes; back smooth, with 6—7 appendages on each side: the inner laterals of the radula denticulated. Colour (in alcohol) bluish gray; rhinophores yellow; foot, genital orifice and mouth yellowish. L. 50 mm. T. ingolfiana Bergh 1899.

B. Velum not incised, with 6—8 fingered processes; back slightly warty, with 5—6 appendages on each side; teeth of the radula smooth. Colour yellowish brown, sides lighter, marbled with brown; foot white. L. 17 mm.
T. plebeia Johnston 1838.
Pl. III fig. 5.

C. Velum not incised, with 4 filaments; back slightly warty, with 5 appendages on each side. Colour white, the back with a longitudinal opaque white line on each side. L. 15 mm.
T. lineata Alder & Hancock 1848.

Fam. Atthilidæ.

Atthila Bergh 1899.

Velum smooth at the margin; rhinophores retractile, the vagina bilobed above, the club lamelliform; anus and porus renalis lateral. Bulbus pharyngeus important. Penis inermis. Colour (in alcohol) pale reddish. L. 32 mm. A. ingolfiana Bergh 1899.

Fam. Goniæolididæ. n. fam.

Goniæolis M. Sars 1861.

Rhinophores > the oral tentacles; foot broad, rounded in front.

I. Body whitout cutaneous lobes; rhinophores smooth; laterals of the radula smooth. Colour yellowish with a rosy median band at the sole. L. 12 mm. (G. O. Sars 1872) G. typica M. Sars 1861.

II. Body with a cutaneous lobe in the anterior right angle of the back, and with a larger one behind the middle; rhinophores granulate; laterals of the radula finely denticulated. Colour yellowish white (in alcohol). L. 16 mm. G. lobata n. sp.
Pl. I figs. 10—13; text-fig. 1.

Fam. Dendronotidæ.

I. Vaginæ of the rhinophores with simple digitiform processes; anterior head-margin with slightly ramose or simple papillæ; papillæ dorsales a little ramified Campaspe Bergh.

II. Vaginæ of the rhinophores and the head with ramose processes; papillæ dorsales highly branched Dendronotus Alder & Hancock.

Campaspe Bergh 1863.

I. Dorsal papillæ 4 on each side; radula (4—5).1.(4—5), lam. lat. with 3—5 denticles, lam. med. with 10 ones on each side. Colour whitish, the intestines translucent. L. 3,8 mm. C. pusilla Bergh 1863.

II. Dorsal papillæ 6 on each side; radula 9.1.9, lam. lat. with 5—17 denticles, lam. med. with 12—30 ones on each side. Colour white with reddish brown spots, or dirty brown, white-spotted on the sides. L. 12—25 mm.
C. major Bergh 1886.

Dendronotus Alder & Hancock 1845.

I. Velum with 4—6 ramose processes; papillæ dorsales strongly branched; foot tapering behind. Colour white, marbled with red and brown. Laterals 9—11 with serrated margin. L. about 50 mm.

D. frondosus (Ascanius 1774) = arborescens (Müller 1776).
Pl. III fig. 18; cf. Pl. II fig. 11.

Lam. med. and the outer laterals indistinctly serrated or smooth
var. Dalli Bergh 1879.

II. Velum widely expanded with numerous small lobes and two larger ones on each side slightly branched. Colour pale reddish with white spots. Laterals 15 on each side, smooth or with indistinct denticles. L. up to 90 mm.

D. robustus Verrill 1870 = velifer G. O. Sars 1878.

Fam. Doridoxidæ.

Doridoxa Bergh 1899.

Radula $\infty . 1 . \infty$.

Colour (in alcohol) yellowish white, the back lighter. L. 12 mm. D. ingolfiana Bergh 1899.

Fam. Dorididæ.

I. Body nearly semiglobose; mantle-fold very small; papillæ conical; gills in 6—10 fascicles; lips and penis unarmed; tentacles large, a little flattened; radula $\infty . 1 . \infty$ (subfam. Bathydoridinæ) Bathydoris Bergh.

II. Body more or less depressed, oval; mantle-margin moderately or very broad; radula generally without lam. med.

A. Lips unarmed; radula without lam. med., $\infty . 0 . \infty$.

1. Tentacles small, tubercle-shaped; the back coarsely granulate or tuberculate; foot without median furrow in front (subfam. Archidoridinæ). Tentacles mostly with apical furrow; gills tripinnate, 8—14; penis unarmed; laterals of the radula hamate, smooth Archidoris Bergh.
2. Tentacles digitiform, tuberculiform or conical; the back minutely granulate or villose; foot incised in front.
   a. Branchial orifice with the margin smooth; the back with numerous close-set, small, almost linear papillæ; tentacles conical (subfam. Kentrodoridinæ). Gills tripinnate, 12—15, narrow; penis armed with a stiletto; laterals of the radula hamate, smooth Jorunna Bergh.
   b. Branchial orifice with the margin lobated or crenelated.
      +. The back villose by conical papillæ; tentacles tuberculiform (subfam. Diaululinæ). Gills bipinnate, 6; penis unarmed; laterals erected, staff-like, serrated in the outer margin Aldisa Bergh.
      ++. The back minutely granulate; mantle very large; tentacles digitiform (subfam. Platydoridinæ). Gills tripinnate; penis armed with small hooks; laterals hamate, smooth or denticulated
      Platydoris Bergh.

B. Lips armed with

1. small staves; tentacles digitiform; foot incised in front; radula $\infty.0.\infty$ (subfam. Discodoridinæ). Gills simple-pinnate, 10, small; penis unarmed; the inner laterals solid, less hamate, the outer ones thinner with longer hooks, divided in the cusps Rostanga Bergh.
2. small hooks; tentacles broad, flattened, triangular; foot not incised in front; radula $\infty.1.\infty$ (subfam. Cadlininæ). Gills tripinnate, 5, small; penis with series of hooks; laterals hamate, serrated on the outer margin Cadlina Bergh.

Bathydoris Bergh 1884.

Body (in alcohol) nearly gelatinous, on the back almost transparent. Rhinophores and tentacles brown; gills and outer genital organs orange-coloured; foot dark-crimson. L. 93 mm. B. ingolfiana Bergh 1899.

Archidoris Bergh 1878.

I. Papillæ wart-like, of varying size, irregularly distributed. Colour yellowish brown, marbled with greenish, reddish or brownish spots. L. up to 70 mm. A. tuberculata (Cuvier 1804).
Pl. II fig. 8; Pl. III fig. 6.

II. Papillæ wart-like, of varying size; the middle of the back with three longitudinal series of larger tubercles. Colour light reddish, towards the mantle-margin yellow. L. about 50 mm. A. nobilis (Lovén manuscr.).
Pl. I figs. 14—18.

Jorunna Bergh 1876.

Papillæ not wart-like, but of uniform breadth or broader towards the end, fine and densely set. Colour yellowish, sometimes with dark spots; rhinophores brown. L. to 40 mm. J. Johnstoni (Alder & Hancock 1845[a]).

Aldisa Bergh 1878.

Papillæ conical. Colour whitish with close light dots; rhinophores and gills yellowish. Liver bluish showing through the skin. L. about 20 mm. A. zetlandica (Alder & Hancock 1855).

Platydoris Bergh 1877.

Papillæ of varying size, soft, wart-like; mantle pale yellowish, spotted with brown, the underside lemon-coloured with brown dots and anastomosing lines; rhinophores yellowish; gills 6—8, marbled with brown and white; laterals of the radula smooth. L. 42 mm. (in the collections) P. planata (Alder & Hancock 1846[a]).
Pl. I figs. 19—20.

Rostanga Bergh 1881.

Papillæ small, close, square. Colour red with black dots; rhinophores yellowish, gills red. L. c. 12 mm. R. coccinea (Forbes 1843)

Cadlina Bergh 1878.

I. Back with wart-like papillæ; radula 22.1.22. Colour milk-white with one series

of yellowish or white opaque spots on each side near the mantle-margin. L. c. 30 mm. C. obvelata (Müller 1776) = repanda (Alder & Hancock 1842). Pl. III figs. 7—9.

II. Back smooth; radula 40.1.40. Colour white; rhinophores and gills yellow, liver brown, translucent; mantle with sulphureous spots near the margin. L. 15 mm. (in the collections) C. glabra (Friele & Hansen 1876) = Doris lævis Müller of Lovén 1846.

Fam. Polyceridæ.

I. Mantle with a high crista on each side of the median line and terminating with five lobes behind the gills; back with club-shaped papillæ; rhinophores with laminated club; oral tentacles indistinct; no mandibulæ; radula 20.0.20 Triopella G. O. Sars.

II. Mantle without cristæ.

A. Rhinophores with sheaths.

1. Club of the rhinophores smooth; sheaths with papillæ; mantle-margin indistinct; papillæ cylindrical with obtuse ends; radula 18.0.18; an unpaired jaw present Aegires Lovén.
2. Club of the rhinophores laminated; sheaths low, whitout papillæ.

a. Mantle-margin distinct; body papillated.

+. Papillæ club-like, in the mantle-margin; no mandibulæ; oral tentacles cylindrical; radula 13.2.0.2.13 Triopa Johnston.

++. Papillæ conical, also on the back; mandibulæ strong, triangular; oral tentacles = broad triangular lobes at the sides of the head; radula 6.2.1.2.6 Issa Bergh.

b. Mantle-margin indistinct; body smooth; gills with lateral appendages; mandibulæ present; radula without lam. med.; oral tentacles absent Thecacera Fleming.

B. Rhinophores without sheaths, a little retractile, club laminated; mandibulæ present; oral tentacles replaced by small lobes; mantle-margin behind the gills with

1. many processes; mandibulæ without produced superior angles; radula 8.2.0.2.8 Palio Gray.
2. one process at each side; mandibulæ with wing-shaped superior processes; radula 4.2.0.2.4 Polycera Cuvier.

Triopella G. O. Sars 1878.

Gills 3, minute, placed semicircularly before the anus; one row of papillæ outside each crista and one papilla behind each rhinophore; the cristæ united in front between the rhinophores. Colour whitish. L. 7 mm. T. incisa (M. Sars 1872).

Aegires Lovén 1844.

Gills 3, tripinnate, each with a long tuberous process by the side; velum with 10 papillæ; most of the papillæ of the back set in longitudinal rows. Colour red-

dish brown with dark-brown spots, which in the centre are greenish blue and shining. L. 15 mm. Ae. punctilucens (d'Orbigny 1837).

Pl. II figs. 9—10.

Triopa Johnston 1838.

Margin-processes in the front 8, granulated, the central ones smaller, on the sides 6 or 7, cylindrical and smoother; the middle of the back with tubercles; gills 3, tripinnate. Colour white, the dorsal tubercles and the tips of gills and processes orange or red. L. 18 mm. T. clavigera (Müller 1776).

Pl. III fig. 10.

Issa Bergh 1880.

I. The marginal papillæ short, about 25—28 on each side, the dorsal ones occur in about 4 longitudinal rows, their length = $^1/_2$ of the marginal papillæ; the posterior end of the foot (behind the mantle) very short. Colour white; rhinophores and gills sulphureous. L. 44 mm. I. lacera (Abildgaard 1806).

II. The marginal papillæ numerous, about 50 on each side, rather long, reaching to the outer row of the dorsal papillæ; these set in about 6 rows and varying in size, mostly longer than the marginal ones; the posterior end of the foot nearly = $^1/_6$ of the body in length. Colour (in alcohol) yellowish white. L. to 48 mm. I. villosa n. sp.

Pl. I fig. 21.

Thecacera Fleming 1828.

Gills 5, surrounded by a ring of obtuse tubercles; sheaths of the rhinophores simple. Colour pale reddish yellow marbled with green; rhinophores and gills green, these latter white in the margins. Radula 5.2.0.2.5. L. 8 mm. T. virescens Alder & Hancock 1855.

Palio Gray 1857.

Head-margin with numerous (8—16) short lobes or conical papillæ; mantle-margin with many short processes at the gills: the whole body covered with tubercles. Colour greenish or yellowish; papillæ yellow. L. 20 mm.

P. Lessoni (d'Orbigny 1837) = ocellata (Alder & Hancock 1842) = pudica, modesta, plebeia (Lovén 1846) = dubia (M. Sars 1829) = ? Holbölli (Möller 1842).

Pl. II fig. 16.

Polycera Cuvier 1817.

Head-margin with 4 long, digitiform processes; mantle-margin with one process at each side of the gills; along the back and the sides 4—9 rows of tubercles. Colour white; tubercles and anterior papillæ yellow; gills, rhinophores and posterior processes with yellow ends; body sometimes with black or orange longitudinal bands. L. to 20 mm. P. quadrilineata (Müller 1776) = cornuta (Abildgaard 1806).

Pl. III figs. 11—14.

Fam. Goniodoridídæ.

I. Mantle not covering the posterior part of the foot; back with two longitudinal cristæ between the rhinophores and the gills, and foot with a median one, united with the hind mantle-margin; papillæ conical, sparsely set; tentacles short, lobe-shaped; rhinophores laminated, their aperture smooth; radula 5.1.0.1.5
Doridunculus G. O. Sars.

II. Mantle without cristæ; club of the rhinophores laminated.
A. Without cirri.
1. Head covered by the mantle; tentacles replaced by a velum.
a. Rhinophorial apertures with small lobes; papillæ conical, close-set; lips armed with fine hooks; penis likewise armed; radula (3—5).1.0.1.(3—5)
Acanthodoris Gray.
b. Rhinophorial apertures smooth; gills simply pinnate.
+. Papillæ big, club-like or broadly rounded; lips and penis unarmed; ingluvies stalked; gills 11 minute; radula with numerous teeth
Adalaria Bergh;
++. Papillæ warty, globular or small, conical; lips with a narrow ring of papillæ and two processes in the lower part of the oral aperture. ingluvies shortly stalked; glans penis bowed, unarmed; radula (1—2).1.1.1.(1—2) or 1.1.0.1.1 Lamellidoris Alder & Hancock.
2. Head not covered by the mantle; tentacles = short side-lobes of the head; lips with fine hooks; gills simply pinnate; mantle ending behind the gills; ingluvies shortly stalked; penis armed with hooks; radula 1.1.0.1.1
Goniodoris Forbes.
B. With cirri.
1. Cirri in the mantle-margin, which is prominent and continuous all around the back; gills simply pinnate; no oral tentacles; lips armed with spines; penis armed; radula 1.1.0.1.1 Idalia Leuckart.
2. Cirri 2 in front of each rhinophore; mantle-margin indistinct; gills 3, tripinnate, with 5 simple appendages outside; oral tentacles = side-lobes of the head; lips with rows of hooks; penis armed with spines; radula 1.1.1.1.1 Ancula Lovén.

Doridunculus G. O. Sars 1878.

I. Gills 3, very minute, before the anus. Colour white; rhinophores and gills pale yellow. L. 7 mm.
D. echinulatus G. O. Sars 1878.

II. Gills 5, minute, before the anus. Colour yellowish brown (in alcohol) L. 13 mm.
D. pentabranchus n. sp.
Pl. I figs. 22—23.

Acanthodoris Gray 1850.

I. Gills 7—9, tripinnate; rhinophorial orifice with a few distinct lobes; radula

3.1.0.1.3 (ALDER & HANCOCK 1851[a]) or 5.1.0.1.5 (G. O. SARS 1878), with the laterals denticulated. Colour white or yellow. L. about 30 mm.
A. pilosa (MÜLLER 1776) = tomentosa (LOVÉN 1846).
P II figs. 13—15.
Colour brown or blackish — var. fusca (LOVÉN 1846).
Pl. II fig. 12.

II. Gills 15, simply pinnate; rhinophorial orifice slightly crenelated; papillæ close, nearly cylindrical; radula 3.1.1.1.3, the laterals smooth. Colour whitish or dirty yellow. L. about 30 mm. A. sibirica (AURIVILLIUS 1887).

Adalaria BERGH 1879.

I. Papillæ club-shaped; radula 10.1.0.1.10. Body semi-transparent, white or yellow. L. 14—25 mm. A. proxima (ALDER & HANCOCK 1845[a]) = echinata (LOVÉN 1846).

II. Papillæ broadly rounded; radula 12.1.1.1.12 (SARS 1878).[1] Colour yellowish white. L. 20 mm. The biggest papillæ at the middle and along the sides of the back, smaller ones on the margins, interspersed with minute ones all over
A. Lovéni (ALDER & HANCOCK 1862)
= Doris muricata MÜLLER of LOVÉN 1846.

Lamellidoris ALDER & HANCOCK 1855.

I. Radula with lamina media: (1—2).1.1.1.(1—2).
A. Radula 1.1.1.1.1; gills 20—30; lam. lat. not denticulated, papillæ verruciform. Colour yellowish, marbled with brown on the back. L. 25 mm.
L. bilamellata (LINNÉ 1766).
Gills 16 — var. liturata (MÖLLER 1842).
B. Radula 2.1.1.1.2; lam. lat. minutely serrated (denticles 15—20); gills 11; papillæ club-shaped or rounded.
1. The under side of the pallial margin smooth; papillæ uniform in size; colour yellowish. L. 10—13 mm. L. muricata (MÜLLER 1776).
2. The underside of the mantle furnished with close-set papillæ. Body semi-transparent. L. 10 mm. L. aspera (ALDER & HANCOCK 1842).
3. The underside of the pallial margin with a few papillæ and with γ-shaped lines; body transparent (the intestines showing through). Colour white. L. c. 10 mm. L. diaphana (ALDER & HANCOCK 1845[b]).

II. Radula without lamina media: 1.1.0.1.1.
A. Laterals of the radula denticulated, uniformly arched and furnished with a strong hook near the apex.
1. Gills 9.
a. Apertures of the rhinophores lobated; papillæ obtuse, rather sparse. Colour pale yellow with distinct brown spots. L. 7 mm. L. sparsa (ALDER & HANCOCK 1846[b]).
b. Apertures of the rhinophores smooth; papillæ short, conical, close-set. Colour brown. L. 9 mm. L. pusilla (ALDER & HANCOCK 1845[b]).

[1] The lam. med. wanting according to ALDER & HANCOCK 1862; formula in FRIELE & HANSEN 1876: 12.0.12.

2. Gills 10; tubercles small, blunt. Mantle white, somewhat reddish, with brown spots. L. 12 mm. L. inconspicua (Alder & Hancock 1845[a]).

B. Laterals without hook near the apex, strongly curved, almost forming an angle in the middle; papillæ elongate-conical; foot narrow, extended beyond the mantle behind, with a dorsal keel. Colour transparent white, spotted with red; a yellow band along each side of the back. L. 6 mm.
L. luteocincta (M. Sars 1870).

»Corpore ovato-depressiusculo, albo, hepate tamen fusco pellucente; pallio tuberculato, minute cicatricoso; branchiis 6—7.» L. 10 mm. L? acutiuscula (Möller 1842).[1]

Goniodoris Forbes 1840.

I. Pallial margin smooth or slightly undulating, usually erect, incised in the middle behind. Along the middle and the sides of the back a tubercled fold. Gills 13. Sides of the body smooth. Colour white or yellowish with a rosy tinge; mantle with opaque white or yellow spots; rhinophores yellow; gills transparent. L. 14 mm.
G. nodosa (Montagu 1808).
Pl. III fig. 15.

II. Pallial margin furnished with spots with regular interspaces; gills 6(?) in an incomplete circle. Color white, mantle-margin, front of the head and the tips of the rhinophores and those of the gills yellowish green. L. 8 mm. G. Danielsseni Friele & Hansen 1876.

Idalia Leuckart 1828.

I. The middle of the back with 4—5 cirri: lips with a ring of hooks; inner lam. lat. of the radula smooth (subg. Idalia).
Gills 18; mantle-margin with 2 long, tentacle-shaped cirri in the front, with short papillæ along the sides and with small lobes behind. Colour rosy to whitish, cirri orange, the rhinophores reddish towards the ends. L. unto 38 mm. I. elegans Leuckart 1828.

II. The middle of the back without cirri; lips with a spiny lamina on each side; inner lam. lat. of the radula denticulated (subg. Idaliella Bergh 1881).

A. Gills 9, the posterior ones shortest; mantle-margin in the front with 4 long, filiform cirri, on the sides with 2 or 3 very short ones, and behind at the sides of the gills with a long bifid process; the upper $^3/_4$ of the rhinophores laminated; the base of the inner laterals much produced diagonally. Colour whitish with light dots. L. 9 mm. I. pulchella Alder & Hancock 1855.
Gills 10; lateral appendages of the mantle 6 on each side, simple, of equal length. Colour dark-brownish, lighter along the sides. L. 13 mm.
var. fusca n. n. = cirrigera Philippi of Lovén 1846.
Pl. II fig. 19.

B. Gills 10, short, of equal length, the anterior and posterior ones bifid (the branchial rosette consequently with 12 points); mantle forming a very narrow area with 2—3 lateral appendages and a short posterior one; the rhinophores laminated from top to base; the inner laterals with rather broad and short base. Colour yellowish with brown and orange spots. L. c. 13 mm.
I. aspersa Alder & Hancock 1845[a].

[1] Mörch includes (1877) this species in Lamellidoris; no later description being published about it, Möller's diagnosis is given above.

Ancula Lovén 1846.

Rhinophores kneed, long, the upper half laminated. Colour white, transparent, ends of the appendages yellow. L. 18 mm. A. cristata (Alder 1841).
Pl. III figs. 16—17.

Fam. Aeolidiidæ.

I. Dorsal papillæ mostly with cnidocysts, simple, not ramose nor furnished with a cutaneous membrane; no crista between the rhinophores.

A. Radula 0.1.0, the teeth horseshoe-shaped, usually not produced to a strong spine; papillæ in regular transversal rows; rhinophores simple, not laminated; penis unarmed.

1. Mandibular margin smooth; papillæ more or less compressed; teeth of the radula very broad, semilunar, with pectinated margin. Foot with lateral angles in front or with short triangular lobes (subfam. Aeolidinæ).

a. Teeth of the radula uniformly arched — Aeolis Cuvier.

b. Teeth of the radula incised in the margin — Aeolidiella Bergh.

2. Mandibular margin denticulated; papillæ subconical (subfam. Crateninæ).

a. Papillæ in densely set rows; anus lateral; foot more or less rounded in front; mandibular margin with one row of denticles.

+. Teeth of the radula with marginal spines of varying size; foot broad, rounded in front; head broad — Cuthona Alder & Hancock.

++. Teeth of the radula with the margin pectinated (spines of uniform size); foot shortly lobated in front; head of usual breadth — Cratena Bergh.

b. Papillæ in clusters; foot with produced angles: anus latero-dorsal.

+. Mandibular margin with many rows of denticles — Cuthonella Bergh.

++. Mandibular margin with one row of denticles — Hervia Bergh.

B. Radula 1.1.1 with the central teeth produced in a strong spine; papillæ in rows on regular obliquely-transverse ridges; rhinophores smooth; penis unarmed, furrow-shaped; female genital aperture with a pair of aculeated cushions (subfam. Cumanotinæ).

Mandibular margin with one row of denticles; teeth of the radula dentated; oral tentacles papilla-shaped; head much expanded laterally; anus latero-dorsal — Cumanotus n. sp.

C. Radula 1.1.1 or 0.1.0 with the central teeth produced in a spine; papillæ mostly in clusters, in longitudinal series or in irregular transverse rows; penis armed or not.

1. Rhinophores simple, rarely laminated.

a. Anus latero-dorsal; papillæ clavate or inflated; foot rounded or with produced anterior angles (subfam. Tergipedinæ).

+. Radula 0.1.0.

α. Penis unarmed; no glandulæ ptyalinæ.

°. Papillæ in one row on each side, inflated: foot rounded in front: oral tentacles present: mandibular margin denticulated — Tergipes Alder & Hancock.

°/₀. Papillæ in many longitudinal rows, inflated; foot with tentacle-shaped produced anterior angles; teeth of the radula united to a serrated band: mandibular margin smooth; no cnidocysts — Forestia Trinchese.

+ + +. Papillæ in one row on each side or in clusters, club-shaped; foot rounded in front; mandibular margin smooth; oral tentacles replaced by flattened side-lobes of the head
Embletonia Alder & Hancock.

β. Penis armed with a straight or bowed spine; glandulæ ptyalinæ present; mandibular margin with one row of minute denticles; papillæ inflated Amphorina Quatrefages.

+ +: Radula 1.1.1, the laterals very broad, without denticles; margo mandibularis with one row of denticles; foot rounded in front.

α. Penis armed with a spine; papillæ in one series at each side, club-like and tuberous; rhinophores = the oral tentacles; no glandulæ ptyalinæ Capellinia Trinchese.

β. Penis unarmed; papillæ inflated, smooth; rhinophores $^1/_4$—$^1/_3$ > the oral tentacles; glandulæ ptyalinæ present; laterals of the radula very broad Galvina Alder & Hancock.

b. Anus lateral; papillæ usually narrow, linear; penis unarmed; foot with the anterior angles more or less produced. Radula 1.1.1 (subfam. Coryphellinæ).

+. Body usually elongated; rhinophores long and thin; anus usually at or in front of the middle of the right side; dorsal margins usually not prominent; papillæ in clusters or in irregular transverse rows; foot with produced anterior angles; mandibular margins with rows of fine denticles Coryphella Gray.

+ +. Body broad or elongated; rhinophores very strong; anus behind the middle of the right side; mantle-margin more or less prominent over the sides; the papillæ in irregular transverse rows; foot rounded or with produced angles; mandibular margins with rows of fine denticles (or smooth?) Chlamylla Bergh (incl. Goniæolis M. Sars of Bergh 1886 and 1899).

2. Rhinophores smooth or annulated with a bulbous swelling below the top; mandibular margin denticulated; radula 0.1.0; penis unarmed; foot usually with the angles much produced (subfam. Favorininæ) Favorinus Gray.

3. Rhinophores with laminated clubs; radula 0.1.0; penis with spiny or glandular armament; mandibular margin denticulated; anterior angles of the foot much produced (subfam. Facelininæ) Facelina Alder & Hancock.

II. Dorsal papillæ without cnidocysts.

A. Papillæ with a descending cutaneous membrane; foot rounded in front; penis unarmed; radula 0.1.0; mandibular margin with one row of denticles (subfam. Fioninæ) Fiona Hancock & Embleton.

B. Papillæ simple, very close, on the sides of the back; rhinophores laminated; radula mostly multiseriate; mandibular margin denticulated (subfam. Janinæ). A crista between the rhinophores; anus dorsal Antiopa Alder & Hancock.

C. Papillæ dichotomically branched, in one row on each side; foot rounded in front; penis unarmed; radula 1.1.1; mandibular margin coarsely dentated (subfam. Heroinæ) Hero Lovén.

Aeolis Cuvier 1802.

Aeolidia Cuvier 1817.

The rhinophores < the oral tentacles, inserted close by each other. Papillæ in about 20 transverse rows, covering nearly the whole back. Colour varying, usually marbled with white, gray and violet; rhinophores and papillæ dark with white ends. L. to 80 mm. Ae. papillosa (Linné 1766).

Aeolidiella Bergh 1874[a].

Papillæ in about 14 rows, containing 10—12 papillæ each; the rhinophores = the oral tentacles, united at the base. Colour pale reddish, papillæ greenish with brown and white spots. Teeth of the radula with about 30 denticles on each side. L. up to 45 mm. Ae. glauca (Alder & Hancock 1845[b]).

Cuthona Alder & Hancock 1853.

I. Head as broad as the foot, with the sides produced.

A. Body depressed; papillæ clavate, in 8—10 close rows. Colour yellow or brown; papillæ rosy, brown-spotted. Radula with 69 plates; the teeth elongated, with a short middle-spine and 5—8 denticles on each side. L. 10 mm.
C. nana (Alder & Hancock 1842).
Pl. II fig. 20.

B. Body tapering backwards; gills in numerous rows, each containing about 8—9. Colour light yellow, at the posterior of the back rosy; papillæ with yellowish brown liver-processes and white tips. Radula with 18 plates; the teeth produced, with a long central spine and about 8 small denticles on each side. L. 12 mm. C. Peachi (Alder & Hancock 1848).

II. Sides of the head not produced; body slender; gills linear in 10—11 close rows. Colour yellowish white, papillæ purple, their tips orange with a white ring, rhinophores rosy, oral tentacles white. Radula with 80 plates; the teeth arch-shaped with 3 marginal denticles on each side. L. 15 mm.
C. aurantiaca (Alder & Hancock 1842).

Cratena Bergh 1864.

I. The rows containing at most 5 papillæ.

A. Oral tentacles < the rhinophores.

1. Papillæ cylindrical in 6—8 rows of 3—4 each; foot with the anterior angles obtuse. Colour yellowish with opaque white dots, rhinophores yellow, spotted with white and with a red ring in the middle; papillæ yellowish brown with light tips and with bands of olive-coloured granulate dots; radula with 57 plates, teeth with 6 denticles on each side. L. 10 mm.
C. olivacea (Alder & Hancock 1842).

2. Papillæ subconical in 9—10 rows, 5 in each row; the anterior angles of the foot a little produced. Colour yellowish white, the rhinophores with white ends; papillæ violet, granulate in the middle, bluish outwardly, their

tips whitish. Radula with 29 plates; teeth with 5 denticles on each side. L. 10 mm. C. concinna (Alder & Hancock 1843).

Pl. III fig. 22.

B. Oral tentacles = the rhinophores; papillæ linear in 9—10 rows, the 4 first more close-set than the rest; the anterior angles of the foot a little produced. Colour white, tinged with green, papillæ green with white spots and tips. Radula with 36 plates, the tooth-margin with 5—6 denticles on each side. L. 10 mm. C. viridis (Forbes 1840).

Pl. III fig. 20.

C. Oral tentacles > the rhinophores; anterior angles of the foot produced; papillæ in 10—12 rows of 4—5 each, cylindrical. Body orange, gills of the same colour or brownish and covered with opaque white dots. Radula ? L. 9 mm. C. angulata (Alder & Hancock 1844[a]) = Aeolis obtusalis Alder & Hancock of Lovén 1846.

Pl. III fig. 19.

II. The rows containing up to 8—11 papillæ.

A. Rows 13, the midmost with the longest papillæ, 8—10 in number. Colour (in alcohol) dirty yellowish, papillæ with a whitish tinge. Radula of many plates, teeth with 6—7 denticles on each side. L. 9 mm. C. Olrikii (Mörch 1857).

B. Rows 11, the foremost with 9—11, the hindermost with fewer papillæ; foot rather broad. Colour (in alcohol) reddish or pale yellow. Radula with 23—31 plates, the teeth with 9—11 denticles on each side. L. 5—8 mm. C. hirsuta Bergh 1860.

Cuthonella Bergh 1884.

I. Papillæ conical, firmly attached to the body, in 4 groups on each side; each group consisting of numerous transverse rows with 2—4, sometimes 5—6 papillæ. The wrinkled oral tentacles < the rhinophores. »Colour dirty yellow; papillæ light brownish gray, yellowish at the tip» (in alcohol). Teeth of the radula with 10—12 denticles on each side. L. 25 mm. C. abyssicola Bergh 1884.

II. Papillæ subcylindrical in 30—37 rows with 3—4 in each; oral tentacles < the rhinophores. Colour (in alcohol) reddish brown, papillæ compact, dark, rusty brown with lighter tips; the under surface of the foot white with a light tinge of red. Teeth of the radula with 8—10 denticles on each side. L. 26 mm. C. ferruginea Friele 1902.

III. Papillæ conical in about 20 close rows with 3—5 each: oral tentacles only a little < the rhinophores. Colour (in alcohol) dirty white, papillæ dark-blue or blackish, yellow at the top. Teeth of the radula with 7—9 denticles on each side. L. 16 mm. C. Berghi Friele 1902.

Hervia Bergh 1874.

Rhinophores a little > the oral tentacles; head rather broad; papillæ in clusters, the first with 6 rows, the 2nd with 5, the 3rd with 3; in each row at most 8—10 papillæ. Colour (in alcohol) dirty yellowish. Radula with 21 plates, teeth with a strong central spine and 6—7 smaller denticles on each side. L. 10 mm. H. modesta Bergh 1874.

Cumanotus n. gen.

Rhinophores filiform, united at the base; oral tentacles very small, connected by a low cutaneous fold across the broad head; papillæ in about 12 or 13 rows on each side, the first inserted in front of the rhinophores, the largest containing 8—9 papillæ; anus latero-dorsal before the 7th row. Colour (in alcohol) whitish. L. 10—13 mm. C. laticeps n. sp.

Text-figs. 2—4,

Tergipes Cuvier 1817.

Rhinophores c. 3 times as long as the oral tentacles; papillæ thicker towards the ends, 4 on each side, the two front ones opposite each other, the back ones alternating; foot very narrow. Colour white with a greenish middle-line; rhinophores red at the base; papillæ olive-coloured, white towards the ends, red at the tips. Radula with 22 teeth, the teeth with a strong central spine and 6 denticles on each side. L. 8 mm.

T. despectus (Johnston 1835).

Forestia Trinchese 1881.

Head drawn together behind; rhinophores a little < the oral tentacles; papillæ in 9 clusters on each side, 3 in the 6 anterior clusters, 2 in the 3 posterior ones, stretched, conical. Colour of the head and of the foot transparent white, back yellowish green with a white median line; papillæ light yellow. L. 15 mm.

F. albicans (Friele & Hansen 1876).

Embletonia Alder & Hancock 1851[a].

I. Head-lobe semicircular with the sides a little produced; gills in 5 clusters on each side, the 2 anterior with 3, the 3rd with 4, the posterior ones with 2 papillæ resp.; tentacles close by each other. Colour yellow or reddish, on the head and the anterior part of the back with brown to dark-violet, often confluent spots. Teeth of the radula with a slightly prominent central spine and 6—7 close-set denticles on each side. L. 7 mm. E. pallida Alder & Hancock 1855.

II. Head-lobe rounded; gills 5—6 in a single series along each side; tentacles widely separated. Colour reddish with white spots, gills orange-red, white-spotted. Teeth of the radula as in the preceding species. L. about 4 mm.

E. pulchra (Alder & Hancock 1844[b]).

Amphorina Quatrefages 1844.

Body yellowish, head whitish, liver-processes brown, papillæ with yellow rings, white-tipped; rhinophores as long as the oral tentacles; papillæ in 6 clusters with 2—3 each; anal papilla below the 4th cluster; foot rounded in front. L. 30 mm.

A. Alberti Quatrefages 1844.

Capellinia Trinchese 1874.

Body elongated; rhinophores and oral tentacles of equal length; papillæ in 6—7 clusters of 2—3 each, the first papillæ longest; each papilla with 2—3 circular swellings caused by the tuberous liver-process. Colour variegated white and brown; the papillæ grayish, slightly spotted with brown, without bands; liver-processes brown. L. 8 mm. C? fustifera (Lovén 1846).

Pl. III fig. 23.

Galvina Alder & Hancock 1855.

I. Dorsal papillæ in at most 11 rows.

A. Papillæ with a ring near the tips, but without bands,

1. in 7—8 rows of 5—6 each, ovate, tapering. Colour white with scattered reddish yellow and opaque white spots, also on the papillæ; rhinophores and tentacles with red bands; near the tops of the papillæ usually a minute orange ring; radula with 4 denticles on each side of the central spine; laterals with a small spine by the base. L. 12 mm.

G. picta (Alder & Hancock 1842).

2. in 9—10 rows of 3—4 each, ovate-oblong. Colour yellowish white or purplish, spotted with yellow; papillæ, rhinophores and tentacles orange below the white tips; central teeth of the radula with 4—5 denticles, lateral spines broad. L. 10 mm. G. Farrani (Alder & Hancock 1844[a]),

B. Papillæ with 2—3 greenishbrown rings.

1. Papillæ in 5—6 rows of 1—3 each, club-shaped with a broad conical point. Colour yellowish white, marbled with green or brown; papillæ with 2—3 brown or olive-coloured bands, at the ends with a white ring and sometimes a red ring at the tip; radula with 40 rows; 4 denticles on each side of the central teeth; laterals with a small basal process. L. to 20 mm. G. exigua (Alder & Hancock 1848)
= Tergipes lacinulatus Gmelin of Lovén 1846.
Pl. III fig. 21.

2. Papillæ in 8—9 rows with 3—5 each, elongated. Colour white, marbled with olive-brown; the rhinophores and the tentacles with one, the papillæ with 3 orange-brown bands. L. 10 mm. Radula ?
G. cingulata (Alder & Hancock 1842).

C. Papillæ without rings and bands,

1. in 7—8 rows of 3—5 each, long and thick. Colour white or light yellowish, sometimes with minute brown spots at the back; papillæ yellow, white at the tips. Radula with 35 rows; the central teeth with 4 denticles at each side. L. 10 mm. G. flavescens Friele & Hansen 1876.

2. in 6 rows of 2—3 papillæ each. Body yellow with reddish brown dots all over; papillæ orange at the base, yellowish in the upper part and with white dots at the tips. Radula with 35 rows; the central teeth with 4—5 denticles on each side. L. 5—8 mm.
G. rupium (Möller 1842).

II. Dorsal papillæ in 13—14 rows of 3—5 each, elliptical. Colour pale yellow; papillæ violet in the central line, near the tips orange-circled. Central teeth of the radula with 4 denticles; the lateral spines much produced. L. 25 mm.
G. tricolor (Forbes 1838).
Pl. II fig. 17.

Coryphella Gray 1850.

I. Papillæ in clusters; anterior angles of the foot narrowly produced; body tapering behind.

A. Rhinophores = the oral tentacles.

1. Radula with 13—20 rows; lam. med. with 5—7 denticles on each side, lam. lat. with 12—14 ones and with the apex curved outwards; papillæ in 6—7 clusters with 6—7, 4, 2—3 rows resp., the largest ones of 4 papillæ; rhinophores slightly corrugated. Colour white, branchiæ rose-coloured with a white ring near the apex. L. to 25 mm.
C. rufibranchialis (Johnston 1832).

2. Radula with 26—27 rows; lam. med. with 8 denticles on each side, lam. lat. smooth; papillæ in 5—6 clusters with 4, 3, 2, 1 rows; 15—17 papillæ in each of the foremost clusters, which unite behind the rhinophores. Colour white, transparent, papillæ rose-coloured with white ends. L. 16 mm.
C. pellucida (Alder & Hancock 1843).

B. Rhinophores < the oral tentacles.

1. Radula with 13—20 rows.

a. Radula as in C. rufibranchialis but the apices of the lam. lat. curved inwards; papillæ in 4—5 clusters, the first of 16—18 gills; rhinophores somewhat corrugated. Colour transparent white, with 3 longitudinal opaque white lines; papillæ rose-coloured, at the tops white-ringed; a white line runs along the rhinophores, the tentacles, the branchiæ, the back and each side. L. 25 mm. C. lineata (Lovén 1846).
Pl. III fig. 26.

b. Radula with the lam. med. at each side with 4—5 denticles, the lam. lat. with 8—10 ones; papillæ in 4 clusters, with 12—14 papillæ in the front, 10 in the 2nd, and fewer in the back clusters; rhinophores smooth. Colour transparent white, at the back yellowish green; papillæ orange-coloured, with a white ring below the tips. L. 14 mm.
C. gracilis (Alder & Hancock 1844[a]).

2. Radula with 26—27 rows; lam. lat. with 6 denticles, lam. med. with 5 ones on each side; rhinophores smooth; papillæ in 5—6 clusters with 4, 3, 2, 1 rows resp., of 2—3 papillæ each. Colour violet, gills orange-red, with white tips; rhinophores and oral tentacles violet with white ends. L. 8,5 mm. C. Landsburgi (Alder & Hancock 1846[b]).

C. Rhinophores > the oral tentacles; radula with 15—27 rows; lam. lat. with 12—13 denticles, lam. med. with 5—7 ones on each side; rhinophores slightly wrinkled; papillæ in clusters and rows (of these about 20—30 on each side), each containing 2—3 papillæ. Colour (in alcohol) light yellowish brown, on the back towards the end with dense white spots; papillæ with white tips. L. 9—18 mm. C. bostoniensis Bergh 1864.

II. Papillæ in irregular transverse rows; body broad; anterior angles of the foot only a little produced.

A. Laterals of the radula serrated on the margin.

1. Anus in front of the middle of the right side; radula with 20 rows; lam. med. with 6—9 denticles on each side, lam. lat. with 8—9 ones; papillæ in close rows with 4—6 each, subcylindrical, transparent; body (in alcohol) semitransparent. L. 16—24 mm. C. Sarsi Friele 1902.

2. Anus in or behind the middle of the right side.

a. Radula with 10—12 denticles on each side of the lam. med. and 9—13 (Sars) or 13—26 ones (Bergh) in the lam. lat. Body broad; head expanded at the sides, as broad as the anterior part of the body; rhinophores a little less than the oral tentacles; gills very short, elliptical. Body, rhinophores and tentacles pale reddish. L. 13—29 mm.
C. salmonacea (Couthouy 1839).

b. Lam. med. of the radula with 5 denticles on each side; lam. lat. with 6 ones; body slender, tapering towards the end, broader than the head;

rhinophores distinctly less than the oral tentacles. Colour white, gills rusty brown, with white ends. L. 18 mm.
C. verrucosa (M. Sars 1829).

B. Laterals of the radula smooth; lam. med. with 6—9 denticles on each side; rhinophores slightly wrinkled; papillæ in at most 50 rows with 8—11 each; margin of the back prominent over the sides; anus behind the middle of the right side; rhinophores much larger than the oral tentacles. Colour yellowish white with a white line on the tail; tentacles reddish; gills reddish brown, their tips white-spotted, sometimes with rings. L. to 33 mm.
C. Stimpsoni Verrill 1880.

The lam. med. without denticles — var. lævidens Knipowitsch 1902.

Chlamylla Bergh 1886.

I. Teeth of the radula very indistinctly denticulated, the median ones only with a strong spine at each side; back with wing-like projecting margins; foot rounded in front; head not expanded at the sides. Radula with 17 rows. Colour (in alcohol) yellowish; mantle-margin gray; papillæ with white tips. L. 40 mm.
C. borealis Bergh 1886.

II. Teeth of the radula, at least the median ones, strongly denticulated; head expanded at the sides.

A. Oral tentacles < the rhinophores; foot with the anterior angles slightly projecting. Radula with 13—17 denticles in the lateral teeth and with 8—9 or 13—15 at each side of the median ones. Colour (in alcohol) yellowish. L. 23 mm.
C. typica (Bergh 1886).

B. Oral tentacles = the rhinophores.

1. Body without fold at the right side; mantle-margin rather prominent; foot with produced angles; lateral teeth smooth. Colour (in alcohol) yellowish. L. 27 mm.
C. intermedia (Bergh 1899).

2. Body with a cutaneous longitudinal fold in front of the right side; foot rounded; lateral teeth finely denticulated. Colour (in alcohol) yellowish. L. 55 mm.
C. atypica (Bergh 1899).

Favorinus Gray 1850.

I. Papillæ in 5—6 clusters, which are nearly contiguous across the back, the 2 first ones of 2, the rest of 1 row, each containing 6—7 papillæ. Colour white, rhinophores brown up to the bulbus, gills white with yellow liver-processes and an olive-green ring near the apex. Teeth of the radula with a single central spine, no denticles. L. 12—25 mm.
F. albus (Alder & Hancock 1844[a]).
Pl. III figs. 24—25.

II. Papillæ in 4—6 separated clusters, in the first one 2 rows of 3 papillæ, in the 2nd the same and in the 3rd 1 row with 3 papillæ; the rhinophores strongly annulated. Colour transparent white with opaque white, sometimes yellow, spots, the rhinophores brown-spotted or blackish, white-tipped. Radula with 6 denticles on each side of the teeth. L. 3,5 mm. (Bergh 1878)
F. branchialis (Müller 1806).

Facelina Alder & Hancock 1855.

I. Rhinophores with 20—30 small rings of uniform size; papillæ nearly cylindrical, covering the whole back in 15—18 rows, of which 7 in the first, 5 in the 2nd cluster; on each side 4—6 clusters. Colour pale reddish; rhinophores yellow; liver-processes yellowish red to brown, near their end a triangular white spot and above it the white cnidocyst. Teeth of the radula with 9 denticles on each side. L. to 35 mm. F. Drummondi (Thompson 1843).

Pl. III fig. 27.

II. Rhinophores with strong laminæ all around.

A. Rhinophores with 7—8 wide rings alternating with smaller ones; gills in 6—7 clusters, cylindrical; the foremost groups, with 20—30 each, united behind the rhinophores. Colour white or reddish; papillæ red with blue lines and white tips. Teeth with 7—8 denticles on each side. L. 25 mm.

F. coronata (Forbes 1839).

B. Gills in 4 clusters, thin and filiform, sometimes nearly half as long as the body. Colour pale rosy, gills light yellowish brown, the rhinophores darker, the oral tentacles rosy; all the processes with white tips. Teeth with 7 denticles on each side. L. 12 mm. F. auriculata (Müller 1806).

Fiona Alder & Hancock 1851[a].

Papillæ linear-conical, irregularly scattered over the sides of the back; oral tentacles linear, = the smooth rhinophores. Colour pale yellowish with a brilliant metallic lustre; papillæ brown with bluish white tips, their membrane reddish. Teeth of the radula with 6—7 denticles on the sides of the central spine. L. about 60 mm.

F. marina (Forskål 1775) = nobilis Alder & Hancock 1851[a].

Antiopa Alder & Hancock 1848.

Janus Verany 1844.[1]

Papillæ numerous, inflated, very close-set at the sides of the body; rhinophores obliquely laminated, united by a crest at the base; oral tentacles very short, digitiform; head narrow. Body yellowish, transparent, papillæ of the same colour, liver-processes brown, at the tip forked, apices of the gills bluish. Radula 40.1.40. L. about 30 mm. A. cristata (Delle Chiaje 1841).

Hero Lovén 1855.

Cloelia Lovén 1844.[2]

Papillæ 7 on each side, the first before the rhinophores, dichotomically branched; in front of the head a distinct velum, concave in the middle. Colour yellowish with diffuse white dots, a white median line on the back and one at each side; papillæ yellow. L. 17 mm.

H. formosa (Lovén 1844) = Cloelia trilineata M. Sars 1850.

Pl. III figs. 30—32.

[1] The name Janus was employed by Stevens in 1835 for an Hymenopterous insect.

[2] The name Cloelia was employed by Fitzinger in 1826 for a snake.

Fam. Dotonidæ.

Doto Oken 1815.

Radula 0.1.0.

I. Rhinophores thin, filiform, smooth, their sheaths with expanded margin; papillæ stalked.

A. Papillæ 5—7 on each side, with 4—6 whorls of pointed tubercles; velum abruptly truncated. Colour yellowish with red spots, the points of the papillar tubercles crimson. Teeth denticulated. L. about 12 mm.

D. coronata (Gmelin 1783).

Pl. II figs. 23—24.

B. Papillæ 6—7 on each side, thick, with 7—9 whorls of blunt papillæ or lobes; velum rounded in front and at the sides. Colour yellowish brown or olive-tinged; rhinophores brown with white tips; papillæ yellowish or reddish brown, finely white-punctured. Teeth of the radula smooth or subdenticulated. L. 25 mm. D. fragilis (Forbes 1838).

Pl. III figs. 33—34.

II. Rhinophores very thick, short and distinctly annulated, with short, non-expanded sheaths; papillæ 4—6 on each side, not stalked, with 3 whorls of tubercles; velum semilunar, rounded. Colour yellowish brown, the papillæ white-spotted. L. 5—6 mm.

D. crassicornis M. Sars 1870.

Fam. Pleurophyllidiidæ.

Pleurophyllidia Meckel 1816.

Diphyllidia Cuvier 1817.

Radula with the lam. med. denticulated at the sides of the strong central spine; lam. lat. serrated. Colour reddish brown with white longitudinal raised lines on the back. L. to 47 mm.

P. Lovéni Bergh 1860 = Diphyllidia lineata Otto of Lovén 1844.

Pl. II figs. 21—22.

Fam. Pleuroleuridæ.

Pleuroleura Bergh 1874[b].

Laterals of the radula smooth. Colour (in alcohol) yellowish gray with light spots on the back. L. to 23 mm. (in the collections) P. Walteri Krause 1892.

Fam. Hermæidæ.

I. Body slender, tapering towards the end; no oral tentacles; gills on the sides of the body; anus in the fore part of the back.

A. Gills oblong; rhinophores cylindrical, with a longitudinal furrow; radula 0.1.0 with 40—50 teeth Hermæa Lovén.

B. Gills inflated; rhinophores simple, conical; radula 0.1.0 with 15—21 teeth Stiliger Ehrenberg.

II. Body broad, ovate; no rhinophores nor oral tentacles; papillæ in transverse rows on the sides of the back; anus dorsal, placed far back; radula 0.1.0 with 16—17 teeth Alderia Allman.

Hermæa Lovén 1844.

I. The branchiæ broadly oblong, of differing size. The tips of the rhinophores with a short lobe behind (the apex seems to be forked). Body white with red lines, branchiæ with red liver-processes. L. 24 mm. H. bifida (Montagu 1815).
Pl. III fig. 29.

II. The branchiæ nearly linear, set in 8 rows. The tips of the rhinophores rounded. Colour brownish green with branched greenish lines; branchiæ of the same colour. L. 8—10 mm. H. dendritica (Alder & Hancock 1843) = venosa Lovén 1844.
Pl. III fig. 28.

Stiliger Ehrenberg 1831.

Papillæ 16—20 on each side, the largest innermost; rhinophores pointed, as long as the anterior papillæ; foot with projecting angles, narrowly produced behind. Colour gray or blackish, marbled with white; tail reddish white; rhinophores grayish; at each side of the neck a dark line and inside them a light one with the eyes on it. Close by the anus a dark line curved backwards (due to the translucent salivary gland). L. 7 mm.

S. Mariæ (Meyer & Möbius 1865) =? Tergipes bullifer Lovén 1846.[1]

Alderia Allman 1844.

Head short with obtuse side-lobes. Processes in 6—7 rows, cylindrical with rounded apex, longer towards the hinder end of the body. Foot very broad with the margins deflected upwards. Colour yellowish or greenish, marbled with white. L. 10 mm. A. modesta (Lovén 1844).
Pl. II fig. 25.

Fam. Elysiidæ.

Elysia Risso 1812.

Radula 0.1.0 with 40—50 teeth; anus dorsal.

Colour brownish or blackish to olive-green with shining red, blue and green

[1] Judging from specimens determined by Lovén and from a picture of an undefined Nudibranch, which seems to correspond to Lovén's diagnosis of Tergipes bullifer, this species may be identical with S. Mariæ.

dots; rhinophores dark; the margins of the side-lobes whitish; the eyes surrounded by light compartments. L. to 33 mm. Teeth of the radula pointed

E. viridis (Montagu 1804).

Pl. II figs. 26—27.

The upper side of the parapodia light brownish with a grayish tinge and white spots. L. 20 mm. Radula with 56 teeth; their cusps rounded (Bergh 1872) var. minuta M. Sars 1835.

Fam. Limapontiidæ.

I. Sides of the head concave, surrounded by a keel; no tentacles nor rhinophores; body smooth, the middle of the back strongly convex; anus dorsal; radula 0.1.0 with 16—18 teeth Limapontia Johnston.

II. Head broad with flattened side-lobes instead of tentacles; the sides of the back with a tubercled keel; anus dorsal; radula 0.1.0 with 15 teeth

Actæonia Quatrefages.

Limapontia Johnston 1836.

Pontolimax Creplin 1848.

Foot rounded in front. Colour usually blackish brown, head, middle of the back and the posterior point of the body lighter (white or light bluish). L. up to 8 mm. L. capitata (Müller 1776) = nigra Johnston 1836.

Body with 5 light spots, one central and two lateral on each side. L. 1,25 mm. (Bergh 1873) var. islandica Steenstrup 1868.

Actæonia Quatrefages 1844.

Skin wrinkled longitudinally as in a Limax. Colour blackish, head-lobes, region of the eyes and the posterior end of the body light; dorsal keels white-spotted. L. c. 4 mm. A. corrugata Alder & Hancock 1848.

Pteropoda.

Heart, nervous and generative systems as in Opisthobranchia; foot with wing-shaped processes, homologous with the parapodia in Tectibranchia.

Synopsis of Families.

Subordo I Thecosomata.

Mantle, mantle-cavity and shell present; head indistinct; one pair of tentacles; fin-lobes continuous over the mouth; radula 1.1.1.

I. Shell calcareous, very thin, sinistral, with operculum; branchial cavity dorsal; columellar muscle ventral; anus on the right side *Fam. Limacinidæ.*

II. Shell symmetrical, without operculum; branchial cavity ventral; columellar muscle dorsal; anus on the left side *Fam. Cavoliniidæ.*

Subordo II Gymnosomata.

Mantle, mantle-cavity and shell absent; head distinct; two pairs of tentacles; fin-lobes separated; anus on the right side.

Body long, acuminated behind; no gills *Fam. Clionidæ.*

Synopsis of Genera and Species.

Fam. Limacinidæ.

I. Shell depressed, broadly umbilicated, with transversal striæ Limacina Cuvier.

II. Shell conical, narrowly umbilicated, smooth or spirally striated Spirialis Eydoux & Souleyet.

Limacina Cuvier 1817.

Whorls 5—6, transversally striated; spire somewhat elevated; columella straight with reflexed margin; umbilicus surrounded by a keel; outer aperture-margin semicircular. Shell hyaline; animal dark-purplish or violet with light, transparent wings. Diameter of the shell about 6 mm. L. helicina (Phipps 1774) = arctica (Fabricius 1780).

Spirialis Eydoux & Souleyet 1840.

1. Whorls 9—10, spirally striated, the last = $^2/_5$ of the length of the shell. Body purplish, shell hyaline of about 5 mm. in length
S. balea (Möller 1841) = Gouldi Stimpson 1851.
2. Whorls 6—7, spiral sculpture indistinct; spire less elevated than in the preceding species; the last whorl = $^2/_3$ of the length of the shell. Colour as in the preceding species. L. of the shell about 3 mm.
S. retroversus (Fleming 1823) = Flemingii Forbes 1848.

Fam. Cavoliniidæ.

1. Shell calcareous, rhomboidal, with lateral keels, broadest at the aperture; lateral slits absent Clio Browne.
2. Shell mostly corneous, with a lateral slit on each side, through which the mantle is deflected over the shell Cavolinia Abildgaard

Clio Browne 1756.
Cleodora Péron & Lesueur 1810.

Shell triangular, convex above, slightly concave below; on the upper side with 5 ridges, on the under side with one. Colour of the shell glassy white; the mantle of the animal has a metallic lustre. L. 15 mm. C. pyramidata Browne 1756.

Cavolinia Abildgaard 1791.
Diacria Gray 1842.

Shell sub-triangular with one posterior and two lateral spines, without striæ but with 5 keels on the upper surface. Mantle without produced appendages. L. 10 mm. C. trispinosa (Lesueur 1821).

Fam. Clionidæ.

Clione Pallas 1780.

Wings ovate-triangular, nearly as long as the breadth of the body. Colour rosy towards back, in other parts bluish hyaline. Radula 8.1.8 (G. O. Sars 1878) or 12.1.12 (Lovén 1847). L. about 35 mm.
C. limacina (Phipps 1774) = Clio borealis Bruguière 1792.

Geographical and bathymetrical distribution.

[sh(s). = shell(s); sp(s). = specimen(s); Mus. G. = Museum at Gothenburg; Mus. U. = Museum at Uppsala].

Actæon tornatilis (Linné 1766).

Habitat:

West coast of Sweden: Kullen, Skåne, 2 shs. — Kattegatt: Lilla Middelgrund, 16—17 fms, sand and algæ (Gunh. Exp. 1878) 2 shs. — Göteborg Skärgård 35 fms 1 sp. (Malm; Mus. G.) — Bohuslän: [1])Gullmarn (Lovén; 1885; 1886) 3, 1, 1 shs. resp.; D:o Islandsberg, 5—15 fms (Aurivillius $^{1}/_{8}$ 1890) 1 sp.; D:o Oxvik, Gåsörännan (Aug. 1894) 2 sps.; [2])Dyngö, Fjällbacka (Goës 1862) 6 shs.; [3])Nordkoster 95 fms (Lovén) 2 shs.; D:o 26 fms, mud with shells (Lovén & Torell) 7 shs.; D:o west side, off the islands, 10 fms, stones and clay (Ljungman $^{21}/_{8}$ 1865) 5 shs.; [4])Lindö, near Kosterrännan, 15 fms (Olsson) 1 sp. — Skagerrack 60 fms, sand and mud (Lindahl) 4 shs.

North Sea: Bodybet, 30—50 fms, sand with shells (v. Yhlen) 1 sh.

Coasts of Norway: Herföl, Svinesund, 13 fms (Lovén & Torell) 2 shs.; Utnefjord, Hardanger, 100 fms, stones (Bovallius) 2 shs.; Bergensfjord (Koren) 3 shs.; Godö 90 fms, clay (v. Yhlen) 2 shs.; Rissenbugt, Trondhjemsfjord, 15—30 fms, sand mixed with clay (Östergren $^{14}/_{7}$ 1902) 2 shs.

General distribution:

Norway: the whole south and west coast to Lofoten 10—100 fms (G. O. Sars 1878); Österfjord (Appellöf 1896); Kristianiafjorden (Asbjörnsen 1854). — Iceland (Mörch 1868; Verkrüzen 1872). — Faroe Islands (Mörch 1867). — British coasts (Forbes & Hanley 1853; Jeffreys 1867). — Sweden: Kullen (Lilljeborg 1854). — Denmark: Skagen—Hellebæk 125 fms (Petersen 1888). — Heligoland (Heincke 1894). — Holland and Belgium (Maitland 1897). — France (Vayssière 1901). — Portugal (Nobre 1905). — Mediterranean, Adriatic, Aegean (Carus 1889). Depths up to 125 fms. Mud, sand, algæ.

var. **tenellus** Lovén 1846.

Habitat:

West coast of Sweden: Kullen, Skåne (Lovén) 1 sh.

General distribution:

Faroe Islands (Mörch 1867).

Retusa truncatula (Bruguière 1792).

Habitat:

The Baltic: Kiel (Möbius) 6 shs.

West coast of Sweden: Halland, Varberg (Torell) 1 sh. — Bohuslän: [1])Marstrand, the harbour, mud and algæ (Lindahl) 8 shs.; [2])Gullmarn, algæ, c. 65 sps.; [3])Väderöarna, sand and clay (Goës 1862) 1 sh.; D:o 60 fms, coral bottom, 1 sp.; [4])Dyngö, Fjällbacka (Goës 1862) 1 sh.; [5])Nordkoster 2 shs.; [6])Svinesund, 30—70 fms, stones and mud (Lindahl) 1 sh. — Skagerrack 192 fms, clay (Lindahl) 1 sh.

General distribution:

Norway: the south and west coast to Öxfjord, Finmarken, 5—80 fms (G. O. Sars 1878); Nordfjord 40—80 fms (Grieg 1897). — British coasts (Forbes & Hanley 1853; Jeffreys 1867). — Sweden: off Göteborg (Malm 1858); Kullen, Skåne (Lilljeborg 1854). — Danish coast: Kattegatt, the Belts and Travemünde (Mörch 1871; Petersen 1888 and 1889). — Warnemünde (Möbius 1873). — Heligoland (Heincke 1894). — Holland and Belgium (Maitland 1897). — France (Vayssière 1901). — Portugal (Nobre 1905). — Mediterranean, Adriatic, Aegean (Carus 1889). — Canary Isles (M‘ Andrew 1852). Depths up to 192 fms. Mud, sand, algæ.

var. **pellucida** (Brown 1827).

Habitat:

Norway: Finmarken: Kalfjord, 15 fms (Goës & Malmgren) 1 sh.; Grötsund, 4 fms (Goës & Malmgren) 1 sh.

General distribution:

Bohuslän (Lovén 1846). — Scotland, Shetland (Jeffreys 1867).

Retusa ovata (Jeffreys 1870).

Habitat:

Norway: Lofoten 200—300 fms (G. O. Sars) 1 sh.

General distribution:

Norway: Vestfjorden 341 fms (Friele & Grieg 1901); Lofoten (G. O. Sars 1878).

— North Atlantic (Jeffreys 1870). — British coasts, Shetland (Forbes & Hanley 1853; Jeffreys 1867). — Portugal (Nobre 1905). — Algiers, the harbour (Carus 1889). — Azores 1073 fms; Florida Channal; Culebra Island, West Indies; Pernambuco (Watson 1886). — East coast of N. America 120—400 fms (Pilsbry 1893). Depths up to 1073 fms. Mud.

Retusa umbilicata (Montagu 1803).

Habitat:

West coast of Sweden: Bohuslän: [1]) Gullmarn (Lovén) 7 shs.; D:o Gåsörännan 8 shs.; D:o Oxvik (Aurivillius 1894) 1 sh.; D:o off Bondhålet (Aurivillius) 2 sps.; D:o Fiskebäckskil (Aurivillius 1894) 20 sps.; D:o Grötöhamn 2 sps.; [2]) Nordkoster (Lovén) 2 shs.; [3]) Lindö, near Kosterrännan, (Lovén & Torell) 1 sh.; [4]) Väderöarna, sand and clay (Goës 1862) 3 shs.; [5]) Skagerrack, 23 fms, clay and shells (Lindahl) 1 sh.; D:o 142 fms (Lindahl) 3 shs.

Norway: Finmarken, Kalfjord 15—80 fms (Goës & Malmgren) 9 shs.

General distribution:

Norway: south and west coast to Lofoten 10—300 fms (G. O. Sars 1878). — England and Ireland (Jeffreys 1867). — Kattegatt and Danish coast, 10—15 fms (Petersen 1888); Limfjorden (Mörch 1871). — France 1019 m (Vayssière 1901). — Portugal (Nobre 1905). — Vigo Bay; Gibraltar (M'Andrew 1852). — Mediterranean, Adriatic and Aegean (Carus 1889). Depths up to 1019 m. Clay and sand.

Retusa strigella (Lovén 1846).

Habitat:

Gullmarn, Bohuslän (Lovén) 1 sh.

General distribution:

Norway: Kristianiafjorden (Asbjörnsen 1854). — Sweden: off Göteborg (Malm 1858). — Scotland (Forbes & Hanley 1853). — Ireland (Nichols 1899). — Portugal (Nobre 1905). — Mediterranean: coast of Piemont (Carus 1889).

Retusa substriata (Jeffreys 1877).

Distribution: West Greenland 59° 10′ N. 50° 25′ W., 1750 fms 1 sh., fragment (Jeffreys 1877).

Retusa nitidula (Lovén 1846).

Habitat:

West coast of Sweden: Skåne, Kullen (Lilljeborg) 1 sh. — Halland, Varberg (Torell) 3 shs. — Bohuslän: [1]) Vinga, Marstrand, 25 fms, sand and stones (Lindahl)

1 sh.; [2])Gullmarn (Lovén) c. 30 sps.; [3]) Väderöarna, coral bottom (Lovén) 5 shs.; [4])Nordkoster, 26 fms, mud and shells (Lovén & Torell) 4 shs.; D:o, on the shore (Ljungman 1865) 1 sh.; [5])Svinesund 30—70 fms, stones and mud, (Lindahl) 2 shs. — Skagerrack 60 fms, mud (Lindahl) 7 shs.; D:o 150 fms, clay (Lindahl) 10 shs.; D:o 192 fms, clay (Lindahl) 5 shs.

General distribution:

Sweden: off Göteborg (Malm 1858); Kullen (Lilljeborg 1851). — Danish coast: Skagen—Öresund to 125 fms (Mörch 1871; Petersen 1888). — Norway: the whole south and west coast; Lofoten; Hammerfest (G. O. Sars 1878); Vestfjorden 341 fms (Friele & Grieg 1901). — Dogger bank; Scotland, Shetland (Jeffreys 1867). — Heligoland (Heincke 1894). — France (Vayssière 1901). — Mediterranean and Adriatic (Carus 1889). — Madeira (Watson 1897). Depths to 341 fms. Mud, clay, sand, stones.

Retusa pertenuis (Mighels 1839).

Habitat:

West coast of Norway: Finmarken (Goës & Malmgren): Kalfjord, 15 fms, clay, 1 sh.; Balfjord 60—70 fms; Kjosen, Ulfsfjord, 20 fms, clay c. 25 shs.

The Kara Sea: Leche (1878), 2—32 fms, sand, clay.

North of Siberia: Aurivillius (1887), 9 fms, sand.

Spitzbergen: Horn Sound, 60 fms, sand and clay with stones (Torell) 2 sps. — Bel Sound, 30—40 fms, stones (Lovén) c. 40 sps.; D:o 50 fms, fine clay (Torell) 20 sps. — 16′—20′ W. of Ice Fjord, 120—140 fms, clay with stones ($^{13}/_{8}$ 1868) 5 sps. — Advent Bay, 20—40 fms, clay ($^{8}/_{8}$ 1868) c. 40 sps. (together with Cylichna Reinhardti). — Cross Bay, 60 fms, clay and stones (1861) 1 sp. — Smeerenberg, 85 fms, clay ($^{30}/_{8}$ 1861) 5 sps. — Treurenberg Bay, 12—20 fms, sand mixed with clay (Torell) 1 sp. — Swedish Foreland, King Charles' Land, 12—20 m, fine blackish gray clay ($^{8}/_{8}$ 1898) 1 sp.; D:o 78° 50′ N. 29° 39′ E., 60—70 m, fine blackish gray clay ($^{17}/_{8}$ 1898) 1 sp. (together with Cylichna alba). — Mossel Bay, $9^{1}/_{2}$ fms, sand and shells ($^{21}/_{3}$ 1873) 6 sps.

Iceland: Beru Fjord, 15—30 fms, clay (Torell) 2 sps.

West Greenland: Posselt (1898) 5—132 fms, clay, sand, stones, algæ. Further: Disco, Mellemfjord, 10—20 fms, clay with sand (1871) 1 sh. — Christianshaab (1870) 2 shs. — Egedesminde, 10—20 fms (1870) 2 sps. — Illordlek, 20 fms, clay (1870) 1 sh. — Augpalartok 280 fms (Torell) 1 sh. — Smallesund 61° 34′ N. 49° 7′ W., 8 fms, mud (Amondsen) 1 sp.

Baffin Bay: 72° 38′ N. 77° 10′ W., 25—35 m, hard mud (1894) 4 sps.

East Greenland: Mackenzie Bay 12—18 m, 2 sps. (Mus. U.; Hägg 1905).

Newfoundland: 46° 5′ N. 51° 44′ W., 56 fms, sand and shells (Ing. & Glad. $^{16}/_{8}$ 1871) 1 sp.

General distribution:

Norway: Vadsö 50—60 fms; Tromsö 10—15 fms (G. O. Sars 1878); Tromsö; Hammerfest 20 fms (Friele & Grieg 1901). — North Atlantic, 2 local. 125—148 fms (Friele & Grieg 1901). — Bear Island 18 fms (Friele & Grieg 1901). — Spitzbergen, the west coast 299 m (Friele & Grieg 1901; Knipowitsch 1901, 1902). — Murman coast (Pfeffer 1889; Herzenstein 1893). — White Sea (Knipowitsch 1896). — Behring Strait and Sea (Krause 1885). — Aleutian Islands (Krause 1885). — Parry Islands (Reeve 1855). — Nova Scotia; Gulf of Main (Whiteaves 1901). Depths 5—299 m. Sand, clay.

var. turrita (Möller 1842)
(incl. var. elongata Leche 1878).

Habitat:

The Kara Sea: Leche (1878), incl. var. elongata, 5—12 fms, sand.
North of Siberia: Aurivillius (1887, R. obtusa), 5—8 fms, clay and sand.
Spitzbergen: Bel Sound, 30—40 fms (Lovén), together with the type.
Greenland: Posselt (1898) 5—30 fms.
Baffin Bay: 72° 38′ N. 77° 10′ W. 25—35 m, hard mud (1894), together with the type.

General distribution:

White Sea 142 m (Knipowitsch 1896). — Behring Sea (Krause 1885). — Off the Channel and Shetland, 20—85 fms (Jeffreys 1867; Utriculus obtusus var. Lajonkaireana). Depths 3—142 m. Sand, clay.

Retusa obtusa (Montagu 1803).

Habitat:[1]

The Baltic: Gotland, Badelundsviken, 2—3 fms algæ ($^{11}/_{8}$ 1882, Kolmodin) 2 shs. — 7 miles E. by S. of Svaneke, Bornholm, 38 fms clay (Kolmodin) 9 shs. — 6′ 30″ N. N. E. of Svaneke, 35—37 fms, sand and clay ($^{12}/_{7}$ 1872, Kolmodin) 35 sps. — 1 mile N. N. E. of Kristians ö, E. of Bornholm, 50 fms, clay ($^{9}/_{7}$ 1882, Kolmodin) 25 shs. — 5′ E. by S. of Nexö, Bornholm, 40 fms, clay (1882, Kolmodin) 1 sp. — 5′ N.W. of Rönne, Bornholm, 24 fms, sand ($^{26}/_{6}$ 1882, Kolmodin) 9 shs. — 11′ N.N.W. of Rönne, 27 fms, sand ($^{27}/_{6}$ 1882, Kolmodin) 1 sh. — 7 miles N.N.W. of Rönne, 25 fms, sand and clay ($^{28}/_{6}$ 1882, Kolmodin) 1 sh. — 6′ from Kungsholmen, Karlskrona, 23 fms, sand and clay ($^{13}/_{7}$ 1882, Kolmodin) 2 shs. — 55° 43′ N. 16° 14′ E., 45 fms, clay (June 1871, Öberg) 5 sps. — 54° 57′ N. 13° 42′ E., 25 fms, mud (July 1871, Öberg) 25 shs. — 54° 55′ N. 13° 12′ E., 24 fms, mud ($^{3}/_{7}$ 1871, Öberg) 2 sps.

[1] The Utriculus obtusus mentioned by Aurivillius 1887 (from Jugor sharr) is a Retusa pertenuis var. turrita, which see.

— 54° 44′ N. 13° 25′ E. 19 fms, clay with sand (July 1871, Öberg) 3 shs. — Malmö, the harbour, 7—8 fms, Zostera and algæ ($^{20}/_{8}$ 1864, Smitt) 2 shs. — South Öresund, 7 fms, algæ (Bovallius & Théel 1878) 20 sps.; D:o 8—9 fms, sand (Théel & Trybom) 10 shs.

West coast of Sweden: Bohuslän, Gullmarn, 2 shs.

General distribution:

Norway: Tromsö; Kjosen (G. O. Sars 1878); Florö 30 fms (Friele 1876). — Iceland (Mörch 1868). — British coasts (Jeffreys 1867). — Danish coast (Mörch 1871; Petersen 1888, 1889). — Travemünde (Lenz 1875). — Mecklenburg (Möbius 1873). — Heligoland (Heincke 1896). — Holland and Belgium (Maitland 1897). — Coasts of France to the Mediterranean (Pilsbry 1893). Depths 2—40 fms. Sand, mud, algæ.

Retusa Gouldi (Couthouy 1839).

Distribution: Iceland (Verkrüzen 1872). — Newfoundland (Verkrüzen 1878). — Massachusetts, New England, 27—44 m (Verrill 1882).

Retusa mamillata (Philippi 1836).

Habitat:

Norway: Hitterö, 20—30 fms, shells, 2 shs.

General distribution:

Norway: Kristianiafjorden to the west coast 10—60 fms (G. O. Sars 1878). — England, Scotland, Shetland (Jeffreys 1867). — Aalborg, Denmark (Petersen 1888). — Heligoland (Heincke 1896). — France (Vayssière 1901). — Portugal (Nobre 1905). Mediterranean, Adriatic, Aegean (Carus 1889). — Canaries (M'Andrew 1852).

Volvula acuminata (Bruguière 1792).

Habitat:

West coast of Sweden: Bohuslän: Gullmarn (Lovén) 1 sh. — Väderöarna, sand and clay (Goës 1862) 1 sh. — Nordkoster, west side, off the islands, 10 fms, sand and stones ($^{21}/_{8}$ 1865, Ljungman) 1 sh. — Kosterfjorden (Malmgren) 1 sp.

General distribution:

Norway: Dröbak, Kristianiafjorden, 50—60 fms (M. Sars 1870); Molde, 40 fms (Danielssen 1859). — England, Ireland, Scotland, Shetland (Jeffreys 1867). — Skagen and E. Kattegatt (Petersen 1888). — France (Vayssière 1901). — Gibraltar (M'Andrew 1852). — Mediterranean, Adriatic and Aegean (Carus 1889). — Gulf of Suez (Pilsbry 1893). Depths 10—60 fms. Sand, clay.

Scaphander lignarius (Linné 1766).

Habitat:

North Sea: Bodybet 50—100 fms, gravel, stones and sand (v. Yhlen) 7 shs.

Coasts of Norway: Godö, 90 fms, clay (v. Yhlen) 1 sh. — Tärnefjord, 100 fms, stones (v. Yhlen) 1 sh. — Storeggen, 80 fms, gravel (v. Yhlen) 1 sh.; D:o 120 fms, stones (v. Yhlen) 1 sh.; D:o east side towards Bredsund, 200 fms, gravel and shingles (v. Yhlen) 5 shs. — Jederen, 100—170 fms (Gunh. Exp. 1877) 1 sh. — N. W. of Siggens, the islands off Bergen, 100 fms (Uddström), 1 sp. — Ilsviken, Trondhjemsfjord, 20—30 m, sand (Aug. 1902, Östergren) c. 20 sps.; D:o Rödbjerg 150—200 m 1 sp. (Mus. U.).

General distribution:

Norway: south and west coast to Lofoten, 30—50 fms (G. O. Sars 1878); Nordfjord 40—80 fms (Grieg 1897); Husö 40—60 fms (Friele & Grieg 1901); Christiansund (Lilljeborg 1851). — Sweden: Bohuslän (Lovén 1846). — British coasts (Jeffreys 1867). — Heligoland (Heincke 1894). — Belgium (Friele & Grieg 1901). — France 435 m (Vayssière 1901). — Portugal (Nobre 1905). — Gibraltar (M'Andrew 1852). — Mediterranean, Adriatic, Aegean (Carus 1889). Depths up to 333 fms (Friele & Grieg 1901). Clay, sand, stones.

Scaphander punctostriatus (Mighels 1841).

Habitat:

West coast of Sweden: Bohuslän: [1])Gullmarn 50—70 fms, clay, numerous sps.; D:o Saltkällefjorden 20—30 fms (Aurivillius 1894) 3 sps.; D:o Skår, 80 fms 1 sp. (Mus. G.); [2])Nordkoster, 100—130 fms, clay (July—Aug. 1865, Ljungman) 11 sps.; D:o 40—80 fms (July 1895, Aurivillius) 12 sps.; Kosterrännan 130 fms, clay (Gunh. Exp. July 1877) 1 sp.; Koster, 80 fms, 1 sp. (Mus. G.); [3])Svinesund, 60—70 fms, stones and mud (Lindahl) 1 sh. — Skagerrack: »The Deep Hole», 380 fms, fine clay (July 1877, Bovallius & Théel) c. 20 shs.; D:o 150—450 fms, fine brown clay and stones (Gunh. Exp. 1879) numerous shs.

Coasts of Norway: Dröbak, 5—6 fms, 1 sh.; D:o 60 fms, 2 shs. — Bergen 1 sh. — Molde 3 sps. (Mus. U.). — Finmarken: Tranö, 80 fms (Lovén) 2 shs.; Grötsund, 80—100 fms 1 sh.; Kalfjord, 100 fms (Goës & Malmgren) 3 shs.; Karlsö, N. of Tromsö, 70 fms (Malmgren 1861) 1 sh.

Peninsula Kola: Jokonga Bay (Aug. 1877, Sandeberg) 1 sp.

Greenland: Posselt (1898), 130 fms, clay with stones.

General distribution:

Norway: Vadsö to Kristianiafjorden, 50—300 fms (G. O. Sars 1878); Husö 40—100 fms (Friele & Grieg 1901); Tromsö (Aurivillius 1886; Schneider 1894); Porsangerfjord (Friele 1902); Nordfjord 100—200 fms (Grieg 1897); Bukkenfjord; Sognefjord (Grieg 1896); Herlöfjord (Appellöf 1894). — North Atlantic, 10 local.; Norwe-

gian Islands, Spitzbergen, 10—20 fms (Friele & Grieg 1901). — Murman coast and Sea (Pfeffer 1889; Herzenstein 1893). — Iceland (Jeffreys 1867). — Ireland 345 fms (Nichols 1899). — France (Vayssière 1901). — Mediterranean, Palermo (Carus 1889). Azores 1000 fms (Watson 1886). — Culebra Island, West Indies, 390 fms (Watson 1886). — Barbadoes, 288 fms; Gulf of Mexico, 553 fms (Dall 1886[b]). — Massachusetts (Gould & Binney 1870). Depths 5—1450 fms (Jeffreys 1877). Clay, stones.

Atys utriculus (Brocchi 1814).

Habitat:

West coast of Sweden: Bohuslän: [1])Gullmarn (Lovén) 4 sps.; D:o (1881—1885) 2 sps.; D:o Flatholmsrännan 40 fms 1 sp. (Mus. G.); [2])Väderöarna, 25—35 fms, sand and clay (Goës 1862) 15 sps.; St. Väderö, 55 fms (Olsson 1869) 1 sp.; D:o, Styrsö 20—30 fms (Olsson 1869) 2 sps.; [3])Kosterrännan, 25 fms, clay (Gunh. Exp. July 1877) 1 sp.; D:o clay and shells (Ljungman 1865) 1 sh.; D:o Nordkoster, west side, 10 fms, sand and stones ($^{21}/_{8}$ 1865, Ljungman) 3 shs.; D:o, Ramsö, 100 fms, clay, (Eisen & Stuxberg $^{5}/_{7}$ 1871) 1 sp.; Koster, 25 fms, 1 sp. (Mus. G.); [4])Lindö, near Kosterrännan, 15 fms, 3 sps.; [5])Svinesund, 30—70 fms, stones and mud (Lindahl) 2 shs. — Skagerrack, 150 fms, clay (Lindahl) 1 sh. — Kattegatt, Lilla Middelgrund, 16—17 fms, sand and algæ (Gunh. Exp. July 1878) 1 sh.

Coasts of Norway: Hitterö, 20—30 fms, shells (Öberg) 1 sh.

General distribution:

Norway: the west coast to Kristianiafjorden, 20—70 fms (G. O. Sars 1878). — Dogger bank, England, Ireland, Scotland, Shetland (Forbes & Hanley 1853; Jeffreys 1867). — North Atlantic 223 fms (Friele & Grieg 1901). — Danish coast, 15—30 fms (Mörch 1871; Petersen 1888). — France (Vayssière 1901). — Portugal (Nobre 1905). — Mediterranean, Adriatic, Aegean (Carus 1889). — Canary Islands (M'Andrew 1852). Depths 10—223 fms. Mud, sand, stones.

Cylichna cylindracea (Pennant 1777).

Habitat:

West coast of Sweden: South Öresund, 7 fms, fine sand and algæ (1878, Théel & Trybom) c. 15 shs. — S. of Kullen, Skåne, 14 fms, sand and clay with shells (Gunh. Exp. $^{16}/_{7}$ 1878) 1 sh. — Varberg, Halland (Torell) 1 sh. — Göteborg Skärgård 20 fms, 3 sps. (Malm; Mus. G.). — Bohuslän: [1])Marstrandsfjorden (1864) 1 sp.; [2])Gullmarn (Lovén) numerous sps.; D:o, Bökevik, 4 sps.; D:o Oxvik (July 1894) c. 20 sps.; D:o Blåbergsholmen, 20 fms, clay (Théel) 3 sps.; D:o, N. Gåsöfjord (Jan. 1890, Wirén) 8 sps.; [3])Dyngö, Fjällbacka (Goës 1862) 15 shs.; [4])Väderöarna, sand and clay, (Goës 1862) 4 shs.; Styrsö, 10—20 fms (Aug. 1884) 4 sps.; D:o 30 fms (Olsson 1869) 8 sps.; [5])Nordkoster, west side, 26 fms, 16 shs.; D:o 10 fms, sand and

stones, 1 sh.; D:o 1/4 mile W. of Nordkoster, off the islands, sand and stones, 10 fms (July 1865, Ljungman) 9 sps.; [6])Svinesund, 30—70 fms, stones and mud (Lindahl) 14 shs. — Skagerrack, 23—150 fms, shells, sand, mud and clay (Lindahl) numerous shs.; D:o 57° 40′ 24″ N. 10° 49′ 18″ E. 14 1/2 fms, clay with fine sand (1/9 1871, Lind af Hageby) 2 sps.; — Torrboskär, Skagen, 27 fms, clay with sand (Gunh. Exp. 8/7 1878) 1 sh. — S. of Morupsbank, 12—19 fms, clay (Gunh. Exp. 12/7 1878) 1 sh.

North Sea: Bodybet, varying deeps, sand and clay (v. Yhlen) 1 sh.

Coasts of Norway: Herföl, Svinesund, 16 fms, 10 sps. — Utne, Hardangerfjord, 95 fms, sand, 2 sps. — Hitterö, 20—30 fms, shells (Öberg) 2 shs. — Bergen (Sars) 2 sps.

General distribution:

Norway: rarely along the whole south and west coast to Lofoten, 40—120 fms (G. O. Sars 1878); Kristianiafjorden (Asbjörnsen 1854); Bukkenfjord (Grieg 1896); Nordfjord (Grieg 1897). — British coasts; Scotland (Jeffreys 1867; M'Intosh 1874). — Denmark: Skagen—Öresund to 125 fms (Mörch 1871; Petersen 1888). — Heligoland (Heincke 1894). — Holland and Belgium (Maitland 1897). — France (Vayssière 1901). — Portugal (Nobre 1905). — Mediterranean, Adriatic, Aegean (Carus 1889). — Madeira, Canaries (M'Andrew 1852). — Azores; Ascension 420 fms; Tristan da Cunha (Watson 1886). — St. Helena; Whydah, West Africa (Pilsbry 1893). Depths 7 to 420 fms. Clay, mud, sand, stones.

Cylichna alba (Brown 1827).

Habitat:

West coast of Sweden: Bohuslän, Gullmarn, 1 sh. — Skagerrack: »The Deep Hole», 350 fms, clay (July 1877, Bovallius & Théel), 8 white sps.; D:o 150—336 fms, fine brown clay (Bovallius & Théel 1879) c. 30 white sps.; D:o 150—336 fms (Lindahl) 6 shs.

The North Sea: 58° 55′ N. 3° 28′ E. 170—200 fms, gravel (v. Yhlen) 4 shs.

West coast of Norway: Storeggen 50—140 fms, shingles (v. Yhlen) 4 shs. — Hitterö, 20—30 fms, shells (Öberg) 2 shs. — Bergen (Sars) 10 shs. — Tärnefjord, 100 fms, stones (v. Yhlen) 3 shs. — Aalesund, 30—50 fms, mud (v. Yhlen) 1 sh. Finmarken: Kalfjord, 15—110 fms (Goës & Malmgren) c. 30 shs.; Balfjord, clay (Goës & Malmgren) c. 15 shs.; Ulfsfjord, 25—50 fms (Goës & Malmgren) 5 shs.; D:o Kjosen, 80—100 fms, clay (Goës & Malmgren) c. 30 shs.; Grötsund 4—25 fms shells (Goës & Malmgren) 3 shs.; Sörvær (Lovén) 2 shs.; Karlsö, N. of Tromsö, 20—70 fms (Goës & Malmgren) 7 sps.

Peninsula Kola: Ora Fjord (2/8 1877, Sandeberg) 2 shs. — Teriberki Fjord, 20 fms, clay with sand (1877, Sandeberg) 8 sps.

The Kara Sea: Leche (1878), 3—70 fms, clay and sand.

Siberia and Behring Sea: Aurivillius (1887), 5—55 fms, clay and sand.

Bear Island—Norway: 73° 27′ N. 23° 11′ E. 460 m, blackish gray clay, bottom temp. + 2,67° C. (12/6 1898) 1 sh.

Spitzbergen: 76° 36′ N. 12° 10′ E., 50′ W. of Horn Sound, 1750 m, »transition-clay», bottom-temp. — 1,3° C. (1/8 1898) 3 white shs. — Recherche Bay outside Reindeer Point, 80 m, bluish gray fine clay (8/7 1898) 3 sps. — Bel Sound, 30—50 fms, clay (Torell) 6 sps. — Eders Island, clay (28/6 1898) 3 shs. — Ice Fjord, 50 fms, fine clay, 7 sps.; D:o 5 fms, clay, 1 sp. (together with C. insculpta). — 16′—20′ W. of Ice Fjord, 120—140 fms, stones and clay (3/8 1868) 1 sh. — Mossel Bay, 9½ fms, sand and shells (21/3 1873) 1 sp. (together with Retusa pertenuis); D:o 2—3 fms, fine sand (31/12 1872) 5 sps.; D:o 12 fms, sand (5/6 1872) 5 sps. — Lovén's Mount, 36 fms, stones and clay (11/9 1868) 4 sps. — Fair Harbour, 10 fms, clay (22/8 1872). — Castrén's Islands 30—40 fms, clay and mud (7/9 1868) 6 sps. — Swedish Foreland, King Charles' Land, 12—20 m, fine blackish gray clay (8/8 1898) 1 sh.; D:o 78° 40′ N. 27° 10′ E., 14—16 m, fine blackish gray sand, clay with stones and algæ, bottom temp. + 0,9° C. (5/8 1898) 1 sp. (together with C. Reinhardti and C. scalpta); D:o 78° 50′ N. 29° 39′ E., 60—70 m, fine blackish gray clay (17/8 1898) 2 shs.

Iceland: Beru Fjord, 15—30 fms, clay (Torell) 10 sps.

Greenland: Posselt (1898) 4—235 fms, clay, sand, stones. Further: Sukkertoppen (Amondsen) 1 sh. — Egedesminde, Tarajurnilik, 5—10 fms, clay with stones and algæ (Öberg 1870) 2 shs. — Disko, 18 fms 1 sh. — Umanak 250 fms 2 shs. (= C. Reinhardti in Posselt). — 68° 24′ N. 54° 39′ W., 215 fms, green clay (Ing. & Glad. 1871) 1 sh., white.

Baffin Bay: 72° 38′ N. 77° 10′ W., 25—35 m (1894) 17 sps. — Franz-Joseph Fiord, 220 m, clay, 1 sp. (1900); Mackenzie Bay, 12—35 m, 4 sps. (Mus. U.; Hägg 1905).

Newfoundland: 46° 5′ N. 51° 44′ W., 56 fms, sand and shells (Ing. & Glad. 16/8 1871) 5 sps.

General distribution:

Norway: the whole south and west coast; Lofoten 60—300 fms, very common, more rare in Finmarken (G. O. Sars 1878); Varangerfjord (De Guerne 1886); Nordfjord (Grieg 1897); Bukkenfjord (Grieg 1896); Österfjord (Appellöf 1896); Hammerfest, Tromsö, Salten, Husö to 60 fms (Friele & Grieg 1901). — North Atlantic 17 local. (Friele & Grieg 1901). — Norwegian Islands, Spitzbergen (Friele & Grieg 1901; Krause 1892). — Murman coast and Sea (Pfeffer 1889; Herzenstein 1893). — White Sea (Wagner 1885; Knipowitsch 1896). — Behring Strait and Sea to Aleutian Islands (Krause 1885). — Alaska (Dall 1885). — California (Friele & Grieg 1901). — Japan (Watson 1886). — East Canada (Whiteaves 1901). — Pernambuco; Azores (Watson 1886). — Coasts of Shetland and Ireland; Bay of Biscay (Jeffreys 1877). Depths to 1336 fms, living (Jeffreys 1877). Clay, sand, stones, algæ.

var. **corticata** (Möller 1842).

Habitat:

Coasts of Norway: Dröbak, clay (Lovén & Torell) c. 30 shs. — Finmarken: Grötsund, 80—100 fms (Goës & Malmgren) 10 shs.; Balfjord, 60 fms, 2 shs.

The White Sea: Solowetzkij Island (1893, Jacobson) 3 sps.

The Kara Sea: Leche (1878).

North of Siberia: Aurivillius (1887), 5—8 fms, clay, sand.

Spitzbergen: Horn Sound, 40—60 fms, clay and stones, 5 sps. — Advent Bay, 20—40 fms, clay ($^{8}/_{8}$ 1868) 4 sps. — Danes Gat, 7—10 fms, stones and algæ ($^{31}/_{8}$ 1868) 1 sp. — Mossel Bay, $9^{1}/_{2}$ fms, algæ ($^{7}/_{4}$ 1872) 1 sp.; D:o $1^{1}/_{2}$ fms algæ ($^{24}/_{3}$ 1872) c. 30 sps.; D:o $9^{1}/_{2}$ fms, sand ($^{23}/_{2}$ 1872) c. 20 sps. — Treurenberg Bay, 12—20 fms, sand and clay (1861) 1 sp. — Lomme Bay, 25—35 fms, clay ($^{9}/_{9}$ 1868) c. 30 sps. — N. E. of the Seven Islands, 81° 14′ N. 22° 50′ E., 150 m, gray mud, bottom temp. + 2° C. ($^{20}/_{8}$ 1898) 3 shs. — Bremer Sound, King Charles' Land, 100—110 m, fine clay with great stones, bottom temp. — 1,45° C. ($^{8}/_{8}$ 1898) 6 sps. — N. of Hope Island, 77° 25′ N. 27° 30′ E., 160 m yellowish brown clay, bottom temp. — 1,71° C. ($^{23}/_{6}$ 1898) 4 shs.

Greenland: Posselt (1898) 5—150 fms, clay, sand, stones. Further: Upernivik, 70 fms, 1 sh. — 53° 34′ N. 52° 1′ W., 980 fms, light gray clay with stones (1871) 1 white sh. — 63° 35′ N. 52° 57′ W., 43 fms, sand and shells (1871) 2 shs. (= C. alba in Posselt).

Baffin Bay: 72° 27′ N. 74° 52′ W., 20 m mud (1894) 4 sps.

East Greenland: Mackenzie Bay, 1 sp. and 1 sh. (Mus. U., Hägg 1905).

General distribution:

Norway: Finmarken, 30—40 fms, very common; the whole coast (G. O. Sars 1878). — White Sea (Knipowitsch 1896). — Spitzbergen (Pfeffer 1895; Krause 1892; Knipowitsch 1901, 1902; Friele & Grieg 1901). — Franz-Joseph Land (Melville & Standen 1900). — Kara Sea (Collin 1887). — Grinnell Land (Verkrüzen 1878). — Parry Islands (Sutherland 1852). — East Canada (Whiteaves 1901). Depths up to 267 m (Friele & Grieg 1901). Clay, sand, algæ.

Cylichna insculpta (Totten 1835)

(incl. var. valida Leche 1878).

Habitat:

Kara Sea: Leche (1878, var. valida), 8—10 fms, sand.

North of Siberia: Aurivillius (1887, var. valida), 5—10 fms, sand, stones.

Spitzbergen: Bel Sound 5—12 fms (Torell) 13 sps. (one of a dark-brown colour) — Advent Bay, 20—40 fms, clay ($^{8}/_{8}$ 1868) 12 sps. (together with C. scalpta and C. Reinhardti). — Ice Fjord, 5 fms, clay, c. 20 sps. — Cross Bay, 60 fms, clay mixed with stones (1861) 2 sps. — Treurenberg Bay, 12—20 fms, sand and clay (1861) 5 sps.

Greenland: Posselt (1898), 70 fms.

General distribution:

Murman coast; White Sea (Pfeffer 1889). — Greenland (Mörch 1857). — North America south to Maine (Whiteaves 1901). Depths 5—70 fms. Clay, sand.

Cylichna Reinhardti (Möller 1842).

Habitat:

The North Sea: Bodybet, varying depths, sand and clay (v. Yhlen) 1 sh. (L. 3 mm.).

Kara Sea and Nova Zembla: Leche (1878), 4—32 fms, sand with clay.

North of Asia: Aurivillius (1887), 4—8 fms, sand, clay.

Spitzbergen: Bel Sound 5 sps. — Advent Bay, 20—40 fms, clay ($^{8}/_{8}$ 1868) numerous sps. — Ice Fjord, 25—50 fms, clay (Torell) 7 sps. — Mossel Bay, 3 fms, fine sand ($^{31}/_{12}$ 1872) 10 sps.; D:o 9 $^{1}/_{2}$ fms, sand and shells ($^{21}/_{8}$ 1873) 1 sp. (together with Utriculus pertenuis). — Swedish Foreland, King Charles' Land, 12—20 m, fine blackish gray clay ($^{8}/_{8}$ 1898) 5 sps. (together with C. scalpta); D:o 78° 40′ N. 27° 10′ E. 14—16 m, fine blackish sand, stones, clay and algæ, bottom temp. + 0,9° C. ($^{5}/_{8}$ 1898) 2 sps. (together with C. alba and C. scalpta).

Iceland: Hafsås, 40 fms, clay (Torell) 1 sp.

West Greenland: Posselt (1898) 5—250 fms, clay, stones.

Baffin Bay: 71° 42′ N. 73° W., 15—30 m, sand with stones (1894) 3 sps. (together with C. scalpta).

East Greenland: Pendulum Islands 150 m, mud and stones 1 sp. (1900); 3 other local. 3—300 m, clay, sand, stones, Laminariæ (Mus. U.; Hägg 1905).

General distribution:

Norway: Finmarken (Schneider 1886). — Murman coast; White Sea (Pfeffer 1889; Herzenstein 1893). — Kara Sea (Collin 1887). — Barent's Sea (Knipowitsch 1901—1902). — Jan Mayen 10—20 fms (Friele 1879). — Spitzbergen (Krause 1892; Friele & Grieg 1901; Knipowitsch 1901—1902). — West Greenland (Möller 1842). — Labrador (Whiteaves 1901). — Behring Strait and Sea (Krause 1885). Depths 3—250 fms. Clay, sand, stones, algæ.

Cylichna scalpta (Reeve 1855).

Habitat:

Norway: Finmarken: Kalfjord, 50—110 fms (Goës & Malmgren) 30 shs.; Balfjord, 60 fms, clay with sand (Goës & Malmgren) 5 shs.; Ulfsfjord (Goës & Malmgren 5 shs.; D:o Kjosen 20 fms, clay (Goës & Malmgren) 8 shs.; Ramfjord 80—100 fms, clay (Goës & Malmgren) 1 sh.; Tromsö 20 fms (Goës & Malmgren) 2 shs.

Peninsula Kola: Jokonga Bay (Aug. 1877, Sandeberg) 1 sh. — Ora Fjord (Aug. 1877, Sandeberg) 2 sps.

Kara Sea: Leche (1878), 5—70 fms, clay and sand.

North of Siberia: Aurivillius (1887), 85 fms, clay.

Spitzbergen: Advent Bay, 20—40 fms, clay ($^{8}/_{8}$ 1868) 7 sps. (together with C. Reinhardti and C. insculpta). — Swedish Foreland, King Charles' Land, 12—20 m, fine blackish gray clay ($^{8}/_{8}$ 1898) 1 sp.; D:o 78° 40′ N. 27° 10′ E., 14—16 m, fine blackish gray sand, stones, clay and algæ, bottom temp. + 0,9° C. ($^{5}/_{8}$ 1898) 2 sps. — N. of Hope Island, 77° 25′ N. 27° 30′ E., 160 m, yellowish brown clay, bottom temp. — 1,71° C. ($^{23}/_{8}$ 1898) 9 sps.

Greenland: Umanak, 250 fms, 1 sh. — 53° 34′ N. 52° 1′ W., 980 m, light gray clay with stones (1871) 1 sh.

Baffin Bay, 199 fms, clay and stones (1871) 1 sh. (L. 9,9 mm); D:o 227 m, hard gray clay (1871) 1 sh. (L. 4 mm); D:o 71° 42′ N. 73° W., 15—30 m, sand with stones (1894) 3 sps.

General distribution:

Norway: Vadsö 50—60 fms; Kjosen 16—20 fms (G. O. Sars 1878); Tromsö (Aurivillius 1886); Varangerfjord (De Guerne 1886); Altenfjord 20 fms (Friele & Grieg 1901). — North Atlantic, 5 local. 20—127 fms (Friele & Grieg 1901). — White Sea (Wagner 1885). — Spitzbergen (Reeve 1855). — Greenland (Posselt 1898). — Behring Sea (Krause 1885). Depths 12—980 m. Clay, sand, stones, algæ.

Cylichna discus Watson 1886.

Distribution: North Atlantic, 8 local. 412—1163 fms (Friele & Grieg 1901). — Coasts of Portugal 304—994 fms (Friele & Grieg 1901). — Culebra Island, West Indies, 390 fms (Watson 1886).

Diaphana hyalina (Turton 1834).

Habitat:

The Baltic: Kiel (Möbius) 2 sps.

West coast of Sweden: Gullmarn, algæ (Lovén) c. 20 sps.; D:o 50—70 fms, clay (Lindahl) 1 sh. — Strömstad (Hanson) 1 sp. — Skagerrack, 336 fms (Lindahl) 3 shs.

Norway: 1 sh. (Düben) without definite locality.

Kara Sea: Leche (1878), 2—10 fms, sand, clay.

Greenland: Posselt (1898)15—120 fms, clay, sand, stones, algæ. Further: Godthaab 64° 29′ N., 80 fms sand (Amondsen 1863) 1 sp. — Norsouak, 5—20 fms (Amondsen) 1 sh.

General distribution:

Norway: Not uncommon along the whole south and west coast to Vadsö in shallow water, to 50 fms (G. O. Sars 1878). — North Atlantic 107 fms (Friele & Grieg 1901). — Murman coast, White Sea (Herzenstein 1893). — Franz-Joseph Land (Melville & Standen 1901). — Iceland (Mörch 1868; Verkrüzen 1872). — Greenland (Mörch

1857). — British coasts (Forbes & Hanley 1853; Jeffreys 1867). — Denmark: Skagen —Hven 10—20 fms (Mörch 1871; Petersen 1888). — Sweden: Göteborg (Malm 1858); Kullen, Skåne (Lilljeborg 1854). — Kiel (Meyer & Möbius 1865). — Heligoland (Heincke 1894). — France (Vayssière 1901). — Mediterranean (Carus 1889). — Madeira and Canaries (M'Andrew 1852). — Massachussetts and St. Lawrence (Gould & Binney 1870; Whiteaves 1901). Depths 5—336 fms. Clay, sand, algæ.

var. **spirata** n. n.

Habitat:

West coast of Sweden: Gullmarn (Lovén) 2 shs. — Nordkoster, west side, 26 fms, shells (Lovén & Torell) 1 sh.

Kara Sea: Leche (1878), together with the type.

Diaphana glacialis n. sp.

Pl. I figs. 1—5.

Habitat:

Spitzbergen: 1 sh. (Lovén) without definite locality. — Bel Sound 30—40 fms (Torell) 2 sps. — Cross Bay, 60 fms, clay with stones (1861) 1 sp. — Mossel Bay, 1 ½ fms, algæ ($^{24}/_{3}$ 1873) 2 sps. — Shoal Point 80° N. 18° E., 40 fms, fine clay ($^{15}/_{7}$ 1861, Malmgren) 3 sps. — Kings Bay, 5—7 fms, clay with stones ($^{17}/_{8}$ 1878) 1 sp. — Hackluyts Headland, 20 fms, red algæ (Torell) 4 sps.

Iceland: Beru Fjord, 15—30 fms, rocks (Torell) 1 sh. — D:o 15—30 fms, clay (Torell) 7 young sps.

Diaphana expansa (Jeffreys 1864).

Habitat:

West coast of Sweden: Gullmarn, Bohuslän (Lovén) 1 sh.

Norway: Lofoten 200—300 fms, 1 sh.

Spitzbergen: 1 sp. (Lovén) without definite locality.

Greenland: Posselt (1898), 10—48 fms algæ, clay.

General distribution:

Norway: Lofoten 200—300 fms; Hasvig, W. Finmarken; the whole west and south coast (G. O. Sars 1878); Husö 100 fms (Friele & Grieg 1901). — Shetland Islands; Bay of Biscay 667 m (Jeffreys 1864). — Ireland (Nichols 1899). — Mediterranean (Carus 1889). Depths 15—667 m. Clay.

Diaphana globosa (Lovén 1846).

Habitat:

West coast of Sweden: Gullmarn, Bohuslän, 50—70 fms, clay 1 sh.; D:o, Kålviksberget ($^{1}/_{8}$ 1889, Aurivillius) 1 sh.

Norway: Dröbak, 60 fms, clay, 1 sh. — Lofoten 200—300 fms, 1 sh. — Karlsö, N. of Tromsö, 50 fms ($^{9}/_{5}$ 1861, Malmgren) 1 sh.

Spitzbergen: 72° 10′ N. 20° 37′ E., 200—230 fms, clay ($^{21}/_{7}$ 1868) 1 sh.

Greenland: Godthaab, 72 fms, sand (Amondsen) 1 sh.; Julianehaab (1883) 1 sh. (= D. hiemalis in Posselt 1898).

General distribution:

Norway: Kristianiafjorden to Vadsö 30—450 fms (G. O. Sars 1878); Nærstrand, Bukkenfjord (Grieg 1896). — Murman coast (Herzenstein 1893). — Jan Mayen (Friele 1879). — Behring Sea (Krause 1885). — Massachusetts (Whiteaves 1901). Depths 30—450 fms. Clay, sand.

Diaphana hiemalis (Couthouy 1839).

Habitat:

Spitzbergen: N. of Hope Island, 77° 25′ N. 27° 30′ E., 160 m, yellowish brown clay, bottom temp. —1,71° C. ($^{23}/_{6}$ 1898) 1 sh. (together with Cylichna scalpta).

Greenland: Posselt (1898), 25—70 fms, clay, sand, stones.

General distribution:

Norway: Vadsö 50—60 fms (G. O. Sars 1878). — North Atlantic, 9 local., 107—1004 fms (Friele & Grieg 1901, incl. D. globosa). — Murman coast (Herzenstein 1893). — Grand Manan; Bristol, Maine, N. America (Whiteaves 1901). Depths 50—1004 fms. Clay.

Diaphana densistriata (Leche 1878).

Habitat:

The White Sea: Sidorow Island (N. W. part of the White Sea) 20 fms, sand and mud ($^{3}/_{8}$ 1895, Knipowitsch) 1 sh.

Kara Sea: Leche (1878), 9 fms, clay.

North of Siberia: Aurivillius (1887), 9—36 fms, clay, sand.

General distribution:

Murman coast; White Sea (Pfeffer 1889; Herzenstein 1893). Depths 9—36 fms Clay, sand.

Acera bullata Müller 1776.

Pl. II figs. 1—3.

Habitat:

The Baltic: Kiel (Möbius) 8 sps. — Öresund, Råa, 8—10 fms (1896) 6 shs. — Landskrona—Malmö, 7—8 fms, clay and algæ (1878, Théel & Trybom) 3 sps. — S. E. of Hven, 9—10 fms, sand, clay and algæ (July 1878, Théel & Trybom) 25 sps.

West coast of Sweden: Skåne, Väderön near Svartskärsgrundet, 15 fms clay ($^{24}/_{7}$ 1902, Lönnberg) 1 sh. — Göteborg Skärgård 1 sp. (Malm; Mus. G.). — Bohuslän: [1]) Marstrandsfjorden 10 fms, clay 1 sp.; [2]) Gullmarn (Lovén) c. 50 sps.; D:o 20—30 fms, clay, 1 sp.; D:o Skårberget, 70 fms, clay (Aug. 1890) 16 sps.; [3]) Väderöarna, 10 fms, sand and clay (Goës 1862) c. 30 sps.; [4]) Dyngö, Fjällbacka, 1 fm, algæ (Goës 1862) c. 10 sps.; [5]) Koster, shells, 10 sps.; D:o 5—130 fms, clay (Aug. 1865, Ljungman) 10 sps.; D:o, Sydkoster, 6 fms, sand, and 5 fms, algæ (July 1877, Bovallius & Théel) 7 and 2 sps. resp.; Koster 2 fms, 1 sp. (Mus. G.); [6]) Lilla Askeröfjärden (Ljungman) 60 sps.; [7]) Strömstad, near the surface of the water, on Zostera (Nov. 1891, Hanson) numerous sps.

Coasts of Norway: Kristianiafjorden (Asbjörnsen) 4 shs. — Fahrsund 3 sps. (Mus. U.). — Bergen (Sars) 2 shs.; D:o numerous sps. (Mus. U.) — Hitterö, Kasvaag, on Zostera (1869) 7 sps. — Lurviksfjorden, 30 fms, clay, 6 sps. — Tanangerfjord, 12—25 fms, sand, 11 sps. — Moldöen 1 sp. — Rissen, Trondhjemsfjord, 1—10 m, mud (Östergren 1902) 5 sps. — Finmarken (Lovén) 2 sps.

? Spitzbergen: 1 sp. (Lovén) without definite locality.

General distribution:

Sweden: Kullen, Skåne (Lilljeborg 1854). — Skagen, Danish Sounds and Kiel (Mörch 1871; Petersen 1888). — Norway: south and west coast to Lofoten and Öxfjord, Finmarken, 5—10 fms (G. O. Sars); Porsangerfjord, littoral (Friele 1902); Altenfjord (Friele & Grieg 1901). — British coasts (Forbes & Hanley 1853; Jeffreys 1867). — France (Vayssière 1901). — Portugal (Nobre 1905). — Mediterranean, Adriatic, Aegean (Carus 1889). — Madeira (Watson 1897). Depths to 130 fms. Clay, sand, algæ.

Philine aperta (Linné 1766).

Pl. III fig. 1.

Habitat:

The Baltic: Kiel (Möbius) 2 sps. — Hven, Öresund, the S. E. shore, 6 fms, fine sand and clay (1878, Théel & Trybom) 3 sps.

West coast of Sweden: Skåne, between Torekov and Arilds läge, 14 fms, clay ($^{3}/_{7}$ 1902, Lönnberg) 1 sp. — Gullmarn, numerous sps.; D:o 7—11 m (July 1902) 5 sps.; D:o Färlefjorden, 5—20 fms, c. 40 sps.; D:o Löken 20 fms 4 sps., and Skår 25 fms 1 sp. (Mus. G.); Marstrandsfjorden, 10 fms clay, 3 sps.; Väderöarna, coral bottom,

14 sps.; Dyngö, Fjällbacka, 15 fms c. 50 sps.; Sydkoster (Eisen & Stuxberg) 2 sps. — Skagerrack 336 fms, clay (Lindahl) 1 sh.

Norway: Kristianiafjorden (Asbjörnsen) 3 sps. — Tananger, the harbour, 10 fms, sand, 2 sps. — Bergen 3—10 m, mud, 3 sps. (Mus. U.).

General distribution:

Sweden: Göteborg (Malm 1858); Kullen, Skåne (Lilljeborg 1854). — Kattegatt, Danish Sounds, Kiel (Petersen 1888, 1889; Meyer & Möbius 1865). — Norway: the south and west coast, not the arctic region, 5—30 fms (G. O. Sars 1878). — Selbjörnsfjord; Björnefjord; Hjeltefjord, very numerous; northern limit Bergen (Grieg 1896). — British coasts (Forbes & Hanley 1853; Jeffreys 1867). — Holland and Belgium (Maitland 1897). — France (Vayssière 1901). — Portugal (Nobre 1905). — Spain (Jeffreys 1867). — Mediterranean, Adriatic, Aegean (Carus 1889). — Canaries; Cap Verde Islands; Cape of Good Hope; Querimba Island and Inhambane, E. Africa (Pilsbry 1895). — Philippines (Nichols 1899). Depths to 50 fms. Clay, sand.

Philine vitrea M. Sars 1870.

Distribution: Kristianiafjorden 50—500 fms (M. Sars 1870, Metzger & Meyer 1875). — Lofoten 40—50 fms (G. O. Sars 1878).

Philine Ossian-Sarsi Friele 1877.

Habitat:

East Greenland: Mackenzie Bay 12—35 m, mud, 3 sps. (1900); 4 other local., up to 250 m, mud, stones (Mus. U.; Hägg 1905).

General distribution:

West of the norwegian coast: 64° 2′ N. 5° 35′ E., 911 m; 62° 44′ N. 1° 48′ E., 753 m; Jan Mayen — W. Finmarken, 71° 59′ N. 11° 40′ E., 2030 m (Friele & Grieg 1901). — East Greenland: Mackenzie Bay; Pendulum Islands; Walrus Island, 12—250 m, mud (Hägg 1905).

Philine finmarchica M. Sars 1858.

Habitat:

Norway: Lofoten 120 fms 1 sh.

Kara Sea: Leche (1878), incl. Ph. quadrata Wood. var grandis Leche, 10—125 fms, sand, clay, rocks.

General distribution:

Norway: Lofoten uncommon; Finmarken; Vadsö, numerous, 50—120 fms (G. O. Sars 1878); Alten 30 fms; Hammerfest 20 fms (Friele & Grieg 1901). — North At-

antic, 8 local. 20—649 fms (Friele & Grieg 1901); 66° 45′ N. 15° 36′ W., 200 m, bottom temp. — 1,15° C. (Friele 1902). — Murman coast and Sea (Pfeffer 1889). — Kara Sea (Collin 1887). — Cape Sable, Nova Scotia, 90 fms (Whiteaves 1901). Depths 20—649 fms.

Philine fragilis G. O. Sars 1878
(incl. **Ph. finmarchica** var. **intermedia** Knipowitsch 1901).

Habitat:

Spitzbergen: N. of Hope Island, 77° 25′ N. 27° 30′ E., 160 m, yellowish brown clay, bottom temp. — 1,71° C. ($^{23}/_{6}$ 1898) 1 sp. — King Charles' Land 78° 50′ N. 27° 39′ E., 20 m, fine reddish yellow clay, bottom temp. + 0,2° C. ($^{12}/_{8}$ 1898) 8 sps.; D:o Bremer Sound 100—110 m, fine clay with great stones, bottom temp. — 1,45° C. ($^{8}/_{8}$ 1898) c. 30 sps. (var. interm.); D:o 78° 50′ N. 29° 39′ E., 60—70 m, fine blackish gray clay ($^{17}/_{8}$ 1898) 1 sp. — 80° 2′ N. 15° 25′ E., 95 fms ($^{2}/_{9}$ 1872) 1 sp. — N. E. of Seven Islands, 81° 14′ N. 22° 50′ E., 150 m, gray clay, bottom temp. + 2° C. ($^{20}/_{8}$ 1898) c. 60 sps. (var interm.).

Baffin Bay: 72° 8′ N. 74° 20′ W., 30—80 m, hard mud (1894) 5 sps.

General distribution:

Norway: Vadsö 100—120 fms (G. O. Sars 1878); Varangerfjord (De Guerne 1886). — North Atlantic, 4 local. 136—259 fms (Friele & Grieg 1901). — Spitzbergen (Knipowitsch 1901, var. interm.) — Cape Sable, Nova Scotia (Whiteaves 1901). Depths 20—461 m. Clay.

Philine cingulata G. O. Sars 1878.

Habitat:

Tromsö 1 sp., clay (Mus. U.; Aurivillius 1886).

General distribution:

Norway: Lofoten 120—200 fms (G. O. Sars 1878). — Cape Sable, Nova Scotia (Whiteaves 1901).

Philine scabra (Müller 1776)
(incl. var. Lovéni Malm 1853).

Pl. I figs. 6—9; Pl. III fig. 2.

Habitat:

The Baltic: Öresund, between Landskrona and Helsingborg (Rahm 1870) 2 sps.; D:o off Helsingborg, 18—20 fms (Théel & Trybom 1878) 3 sps.

West coast of Sweden: Skåne, Skelderviken, 25 m, clay ($^{14}/_{7}$ 1897, Lönnberg) 2 sps.; D:o between Torekov and Arilds läge, 14 fms, clay and shells ($^{4}/_{7}$ 1902, Lönnberg) 10 sps.; D:o W. of Väderön, 14—15 fms, clay ($^{17}/_{7}$ 1902, Lönnberg) 1 sp. —

Bohuslän: [1]) Gullmarn, numerous sps.; D:o Saltkällefjorden, 15—25 fms (Aug. 1894 Aurivillius) 1 sp.; D:o Flatholmen, 20—60 m (June 1903) 1 sp.; D:o Löken, 20 fms, 2 sps. (Mus. G.); [2]) Väderöarna, clay with sand (Goës 1862) 7 shs.; D:o, 35 fms, 1 sp.; [3]) Lindö, near Kosterrännan, 15—30 fms, 30 sps.; [4]) Kosterrännan, 10—20 fms, sand and shells with clay (Ljungman) 2 shs.; D:o 55 fms, clay, 2 sps.; D:o $^1/_4$ mile W. of Koster, 18 fms, sand, 3 sps.; D:o, Nordkoster, off the islands, 10 fms, sand and stones ($^{21}/_8$ 1865, Ljungman); [5]) Svinesund, 30—70 fms, mud and stones (Lindahl) 9 sps. — Skagerrack: Torrboskär, Skagen, 19—22 fms, clay (Gunh. Exp. 1878) 1 sp.; Skagerrack 23 fms, sand and shells (Lindahl) 4 shs.; D:o 60 fms, sand and mud (Lindahl) 1 sh.; D:o 260 fms, clay (Lindahl) 1 sh.

Norway: Herföl, Svinesund, 16 fms, 7 sps. — Dröbak, 6—8 fms, coral bottom, 20 sps. — Hitterö, 20—30 fms, shells (Öberg) 2 shs. — Tanangerfjord, 25 fms, sand (Bovallius 1880) 2 sps. — Lurviksfjorden, 30 fms, clay, 1 sp. — Rundö, 50 fms, sand (1867, v. Yhlen) 1 sp. — Bodybet (v. Yhlen) 1 sp. — Oddevik, Sörfjorden, 55 fms, clay (1880) 4 sps. — Bergensfjord (Koren) 1 sh. — Rissen, Trondhjemsfjord, 15—30 m, sand mixed with clay (July 1902, Östergren) 9 sps. — Grötsund, Finmarken (Goës & Malmgren) 1 sh.

General distribution:

Sweden: Göteborg (Malm 1858); Bohuslän (Malm 1853, var. Lovéni); Kullen, Skåne (Lilljeborg 1851). — Norway: Hammerfest in 50—300 fms; the whole west and south coast (G. O. Sars 1878, incl. var. Lovéni); Tromsö, 20—50 fms (Aurivillius 1886); Nordfjord (Grieg 1897); Bodö; Sognefjord, 100 fms (Friele & Grieg 1901); Bukkenfjord; Strömfjord 100 fms (Grieg 1896, incl. var. Lovéni); Kristianiafjord (Asbjörnsen 1854); Husö 100 fms (Friele & Grieg 1901, var. Lovéni). — The whole Kattegatt and the danish coast to Hven (Petersen 1888, 1889); Nidingen (Petersen 1888, var. Lovéni). — British coasts (Jeffreys 1867). — Iceland (Mörch 1868; Verkrüzen 1872). — Heligoland (Heincke 1896). — France 1160 m (Vayssière 1901). — Vigo, Spain (M'Andrew 1852). — Mediterranean and Aegean (Carus 1889). — Madeira (Watson 1897). Depths to 1160 m. Clay, sand, stones.

Philine catena (Montagu 1803).

Habitat:

West coast of Sweden: Gullmarn (Lovén) 4 shs. — Lindö, near Kosterrännan, 3 sps. — Koster 1 sh. — Styrsö, Väderöarna, 30 fms 1 sp. — Skagerrack 336 fms, fine clay (Lindahl) 2 shs.

Norway: Dröbak (Lovén & Torell) 60 fms, 1 sh.

General distribution:

Norway: Lofoten, 30—60 fms; the whole west and south coast (G. O. Sars 1878). — Great Britain (Forbes & Hanley 1853; Jeffreys 1867). — France (Vayssière 1901). — Mediterranean (Carus 1889). — Canaries (Pilsbry 1895). Depths up to 1019 m (Vayssière 1901). Clay.

Philine punctata (Clark 1828).

Habitat:[1]

Swedish west-coast: Bohuslän, Gullmarn, algæ and clay (Lovén) c. 25 sps.

General distribution:

Norway: Florö to Kristianiafjorden, 30—40 fms (G. O. Sars 1878). — British coasts (Jeffreys 1867; Forbes & Hanley 1853). — Greenland (Mörch 1857). — Denmark: Limfjorden; L. Belt (Petersen 1889). — France (Vayssière 1901). — Mediterranean and Aegean (Carus 1889).

Philine angulata Jeffreys 1867.

Distribution: Norway: Aalesund 10—30 fms (G. O. Sars 1878). — England, Hebrides, Shetland (Jeffreys 1867). — Ireland (Nichols 1899). — Mediterranean (Carus 1889).

Philine sinuata Stimpson 1850.

Distribution: Norway: Ulfsfjord, numerously, 10—15 fms; Tromsö (G. O. Sars 1878). — Scotland, Skye (Jeffreys 1867). — Boston, 6 fms, sand (Stimpson 1850).

Philine quadrata (Wood 1839).

Habitat:[2]

West coast of Sweden: Gullmarn, Lindholmen (Jan. 1890, Aurivillius) 1 sp. — Svinesund 30—70 fms, mud and stones (Lindahl) 1 sh. — Skagerrack 320—380 fms (Gunh. Exp.) fine brown clay, c. 30 sps.; D:o 60 fms (Lindahl) 6 sps.; D:o 150 fms clay (Lindahl) 5 shs.

Norway: Dröbak, clay (Lovén & Torell) 9 sps. — Finmarken, Loppen (Lovén) 1 sh.; Grötsund, clay (Goës & Malmgren) 5 shs.; Karlsö, N. of Tromsö, 50 fms (Malmgren 1861) 4 shs.

Peninsula Kola: Ora Fjord (Aug. 1877, Sandeberg) 1 sh.

General distribution:

Norway: Kristianiafjorden (Asbjörnsen 1854); Nordfjord (Grieg 1897); Österfjord (Appellöf 1896); Sognefjord 100 fms (Friele & Grieg 1901); Varangerfjord (De Guerne 1886); the whole coast to Vadsö, 50—300 fms (G. O. Sars 1878). — North Atlantic 5 local. up to 649 fms (Friele & Grieg 1901); 64° 53′ N. 10° W., 600 m, bottom temp. — 0,69° C. (Friele 1902). — Murman coast (Herzenstein 1893). — Greenland (Mörch 1857, Posselt 1898). — British coasts; Dogger bank (Jeffreys 1867). — Denmark: St. Middelgrund, Hellebæk, Hven (Mörch 1871, Petersen 1888). — Bay of Biscay 1019 m (Vayssière 1901). — Mediterranean (Carus 1889). — Azores 1073 fms (Watson 1886).

[1] The Philine punctata, mentioned by Leche 1878 (from Kara Sea), is Ph. polaris, which see.

[2] The Philine quadrata var. grandis, mentioned by Leche 1878 (from Kara Sea), is Ph. finmarchica, which see.

— St. Helena (Pilsbry 1895). — New England, Gulf of St. Lawrence; Halifax (Whiteaves 1901). Depths to 1073 fms. Mud, clay, stones.

Philine polaris Aurivillius 1887.

Habitat:

North of Siberia: Aurivillius (1887), 3 fms, sand.

The Kara Sea: Leche (1878, Ph. punctata?), 10 fms, sand.

Spitzbergen: Shoal Point 80° N. 18° E., 40 fms, clay ($^{15}/_{7}$ 1861, Malmgren) 2 shs. and rests of the animals.

Philine lima (Brown 1827)
(incl. var. frigida Knipowitsch 1896).

Habitat:

Norway: Finmarken: Ulfsfjord (Goës & Malmgren) 1 sh.; D:o Kjosen, clay (Goës & Malmgren) 1 sh.; Grötsund 60—80 fms, clay (Goës & Malmgren) 2 sps.; Karlsö, N. of Tromsö, 70 fms (1861, Malmgren) 1 sh. — Bergen (Sars) 1 sh.

The Kara Sea: Leche (1878), 20—26 fms, clay with sand.

Spitzbergen: 3 sps. (Lovén) without definite locality. — Sassen Bay, Ice Fjord, 10 fms, rocks and stones (Aug. 1861, Torell) 2 sps. — Cross Bay, 2—3 fms, clay mixed with sand (Koren) 3 sps. — N. E. of the Seven Islands, 81° 14′ N. 22° 50′ E., 150 m, gray clay, bottom temp. + 2° C. ($^{20}/_{8}$ 1898) 1 sh. — Kings Bay, 20—25 fms, fine clay, 1 sh. (var. frigida?).

Iceland: Beru Fjord, 15—40 fms, clay (Torell) 13 sps.

Greenland: Posselt (1898), 100—199 fms, clay, shells. Further: Claushavn, 15—20 fms, sand and algæ (1870) 1 sp. — Umanak, 40—50 fms, clay (Koren) 1 sp.

Newfoundland: 46° 5′ N. 51° 44′ W., 56 fms, sand and shells (Ing. & Glad. $^{16}/_{8}$ 1871) 1 sp.

General distribution:

Norway: Vadsö 50—60 fms; Kjosen, Ulfsfjord 10—15 fms; Storeggen 400 fms (G. O. Sars 1878); Hammerfest 20 fms. (Friele & Grieg 1901). — North Atlantic, 2 local. 127—148 fms (Friele & Grieg 1901). — Murman coast (Pfeffer 1889; Herzenstein 1893). — Kara Sea (Collin 1887). — White Sea (var. frigida, Knipowitsch 1896). — Franz-Joseph Land (Melville & Standen 1901). — Spitzbergen (Krause 1892, Knipowitsch 1901, 1902). — Massachusetts (Whiteaves 1901). Depths 2—400 fms. Clay, sand, stones.

Philine pruinosa (Clark 1828).

Pl. III fig. 3.

Habitat:

West coast of Sweden: Gullmarn, Bohuslän (Lovén), 2 sps. — Svinesund 30—70 fms, stones and mud (Lindahl) 1 sh.

Norway: Kristianiafjorden (Asbjörnsen) 1 sh.

General distribution:

Norway: Lofoten 120—200 fms; the south coast (G. O. Sars 1878). — British coasts 18—70 fms (Jeffreys 1867). — Danish coast, Hellebæk (Petersen 1888). — Mediterranean and Adriatic (Carus 1889). Depths 18—200 fms. Mud, sand, stones.

Philine flexuosa M. Sars 1870.

Distribution: Norway: Kristianiafjorden 20—150 fms (M. Sars 1870). — Mediterranean (Carus 1889). — Yucatan Strait 640 fms (Pilsbry 1895).

Philine velutinoides G. O. Sars 1878.

Distribution: Lofoten, Norway, 120—200 fms (G. O. Sars 1878). — British coasts (Jeffreys 1864; Ph. ventricosa). — Mediterranean (Carus 1889; Ph. ventricosa).

Aplysia rosea Rathke 1799.

Pl. II figs. 4—7.

Habitat:

West coast of Sweden: Skåne, between Väderön and Höghalla udde, 10 fms, algæ ($^{16}/_{7}$ 1902, Lönnberg) 4 sps. — Bohuslän: Gullmarn c. 40 sps.; D:o Skårberget, 30 fms (1880) 1 sp.; D:o Flatholmen 20—25 m, algæ (July 1902) 3 sps.; D:o Smedjan, 50 m (June 1903) 2 sps.; D:o Råttholmen, 5 fms, 1 sp. (Mus. G.).

Norway: Haugesund 2 sps.; Christiansund (Mus. U.; Lilljeborg 1851).

General distribution:

Norway: Kristianiafjorden 5—20 fms (M. Sars 1870); Nordfjord, common (Grieg 1897); Bukkenfjord, common (Grieg 1896); Florö (Friele 1876). — British coasts (Forbes & Hanley 1853; Jeffreys 1867). — Skagen, Denmark (Petersen 1888). — Heligoland (van Haren Norman 1878, Heincke 1894). — Holland and Belgium (Maitland 1897). — France (Vayssière 1901). — Portugal (Nobre 1905). — Mediterranean and Adriatic (Carus 1889). — Canaries (M'Andrew 1852). Depths 5—30 fms. Algæ.

Dolabrifera Hollbölli Bergh 1872.

Distribution: Greenland (Bergh 1872). — D:o Egedesminde (Posselt 1898).

Pleurobranchus plumula (Montagu 1803).

Habitat:

West coast of Sweden: Bohuslän, Kosterrännan (June 1893, Ekman) 1 sp.

General distribution:

Norway: The west coast 100—150 fms (G. O. Sars 1878); Nordfjord near Matrog, 60 fms (Grieg 1897). — British coasts (Forbes & Hanley 1853; Jeffreys 1867). — France (Vayssière 1901). — Mediterranean and Adriatic (Carus 1889). — Portugal (Nobre 1905). — Madeira (Watson 1897). — Azores (Bergh 1899). — Lower California (Bergh 1894). Depths to 150 fms. Stones, algæ.

Tylodina Duebenii Lovén 1846.

Habitat:

Norway: Bergensfjord (Koren) 1 sp., 200 fms G. O. Sars 1868.

General distribution:

Denmark: Hellebæk (Petersen 1889).

Colpodaspis pusilla M. Sars 1870.

Distribution: Norway: Dröbak; Horten; 14—80 fms (M. Sars 1870). — Plymouth, England (Garstang 1894).

Colobocephalus costellatus M. Sars 1870.

Distribution: Norway: Dröbak; Vallö; 70—230 fms (M. Sars 1870).

Tritonia Hombergi Cuvier 1802
(incl. var. alba Alder & Hancock 1855).

Pl. II fig. 18; Pl. III fig. 4.

Habitat:

West coast of Sweden: Skåne between Väderön and Höghalla udde, 10 fms, algæ ($^{16}/_{7}$ 1902, Lönnberg) 1 sp. — Vinga, Göteborg Skärgård, sand, 1 sp. (Mus. G.). — Bohuslän: [1]) Gullmarn, numerous sps. (incl. var. alba); D:o 50 m, many young sps.; D:o N. of Flatholmen 18—27 m, algæ, 5 sps.; D:o Löken 22 fms, 3 sps. (Mus. G.); [2]) Väderöarna (1881 and 1882) 3 sps.; [3]) Lindö, near Kosterrännan, 30 fms (Olsson) 2 sps.; [4]) Strömstad (1882, Hanson) 1 sp.; [5]) Dyngö, Fjällbacka 1 sp.

England: Cullercoats (Alder) 1 sp. (var. alba).

Reef of Jutland 50—150 fms (1874) 1 sp.

General distribution:

West coast of Norway 10—20 fms (G. O. Sars 1878); Bukkenfjord 6 fms; Trondhjemsfjord (Grieg 1896); Kristianiafjorden 12 fms (Asbjörnsen 1854). — Denmark, Hellebæk (Mörch 1871). — British coasts (Forbes & Hanley 1853; Jeffreys 1869). — Holland and Belgium (Maitland 1897). — France (Vayssière 1901). Depths 6—150 fms. Algæ.

Tritonia psoloides Aurivillius 1887.

Habitat:

Behring Sea: 61° 45′ N. 180° E., 75 fms, sand (Vega Exp. 1879) 1 sp. (Auri villius 1887).

Tritonia ingolfiana Bergh 1899.

Distribution: 61° 44′ N. 27° W., 485 fms, bottom temp. + 6,1° C., 1 sp. (Bergh 1899).

Tritonia plebeia Johnston 1838.

Pl. III fig. 5.

Habitat:

West coast of Sweden: Bohuslän [1]) Gullmarn c. 30 sps.; D:o N. of Flatholmen, 18—27 m, algæ, 2 sps.; D:o Gåsöfjord, 20 fms (May 1885, Aurivillius) 2 sps.; D:o 50 fms, 4 sps.; D:o Löken 25 fms, 2 sps. (Mus. G.); [2]) Kosterfjorden (July 1895, Aurivillius) 1 sp.

Norway: 1 sp. (Düben) without definite locality.

England: Cullercoats (Alder) 1 sp.

General distribution:

West coast of Norway 10—20 fms (G. O. Sars 1878); Hjeltefjord 70 fms-Skjærgehavn 40—60 fms; Florö; Bergen; Kristianiafjorden 18 fms (Grieg 1896). — Denmark (Mörch 1871). — Heligoland (Metzger & Meyer 1875, Heincke 1894). — British coasts (Forbes & Hanley 1853; Jeffreys 1869). — Holland and Belgium (Maitland 1897). — France (Vayssière 1901). — Aegean (Carus 1889). Depths to 60 fms. Algæ.

Tritonia lineata Alder & Hancock 1848.

Distribution: West coast of Norway 10—30 fms (G. O. Sars 1878). — Denmark (Mörch 1871). — France (Vayssière 1901).

Atthila ingolfiana Bergh 1899.

Distribution: 62° N. 21° 36′ W., 845 fms, bottom temp. + 3,3° C., 1 sp. (Bergh 1899).

Goniæolis typica M. Sars 1861.

Distribution: Norway, the west coast 50—70 fms (M. Sars 1871).

Goniæolis lobata n. sp.

Pl. I figs. 10—13; text-fig. 1.

Habitat:

Skagerrack 58° 12′ N. 9° 28′ E., 370 fms, fine brown clay ($^{12}/_{7}$ 1879, Gunh. Exp.) 7 sps., with trawl.

Campaspe pusilla Bergh 1863.

Distribution: Greenland (Holböll) 1 sp. (Bergh 1863).

Campaspe major Bergh 1886.

Distribution: Vardö 3 sps. (Bergh 1886).

Dendronotus frondosus (Ascanius 1774)
(incl. var. **Dalli** Bergh 1879).

Pl. III fig. 18; cf. Pl. II fig. 11.

Habitat:

The Baltic: Kiel (Möbius) 4 sps.

West coast of Sweden: Bohuslän: [1]) Gullmarn numerous sps. (from 20—50 fms); D:o, 14—80 fms, 50 sps. (Mus. G.); [2]) Väderöarna, the coral reef (Aug. 1886 and July 1891) 9 sps. — [3]) Strömstad (Hanson 1890) 15 sps. — Skagerrack: in a driving barrel (June 1872, Lindahl) 2 sps. — Koster 18 fms 1 sp. (Mus. G.).

Norway: Bergen 1 sp. — Hägerskär (July 1880, Bovallius) 2 sps. — Trondhjemsfjord (Koren) 1 sp. — Finmarken (Lovén) 5 sps.; D:o Grötsund (Okt. 1861, Goës & Malmgren) 14 sps.; D:o Tromsö (June 1864, Gillgren) 1 sp.; D:o Sörvær, numerous sps. (Mus. U.).

Reef of Jutland 100—170 fms (1878, Vestergren) 2 sps.

Peninsula Kola: Litza (Aug. 1877, Sandeberg) 1 sp. — Vaidaguba (July 1877, Sandeberg) 12 sps.; D:o, on the shore (Sept. 1877, Sandeberg) 20 sps. — Semi-Ostrowa, 60—63 fms (Aug. 1877, Sandeberg) 1 sp.

Kara Sea: Leche (1878), 20 fms, stones mixed with sand.

North of Siberia and Behring Strait: Aurivillius (1887, incl. var. Dalli), 3—18 fms, sand, clay, stones.

Spitzbergen: Bel Sound, 3—6 fms, algæ ($^{23}/_{7}$ 1864, Malmgren) 1 sp. — Green Harbour, 5—20 fms, clay and algæ ($^{31}/_{7}$ 1868) 1 sp. — Safe Haven ($^{16}/_{7}$ 1864, Malmgren) 1 sp. — Smeerenberg, low water ($^{22}/_{8}$ 1868) 6 sps. — Liefde Bay, 5 fms, clay

with stones and algæ ($^{3}/_{9}$ 1868) 1 sp. — Shoal Point, 25—30 fms, clay (1861) 1 sp. — King Charles' Land 78° 50′ N. 27° 39′ E., 20 m, fine reddish yellow clay, bottom temp. + 0,2° C. ($^{12}/_{8}$ 1898) 1 sp.; D:o Bremer Sound 100—110 m, fine clay with great stones, bottom temp. — 1,45° C. ($^{5}/_{8}$ 1898) 2 sps. — Walter Thymen Strait, 30—40 fms, zoophytes (1864, Malmgren) 1 sp.

West of Spitzbergen: 1 sp., 100 m (Mus. U., Hägg 1905).

Greenland: Julianehaab 5—10 fms, mud (Amondsen 1865) 1 sp. — Godthaab, 100 fms, shells (Amondsen) 1 sp. — Umanak 35—45 fms, rocks (Torell) 8 sps. — Sukkertoppen 5—10 fms, Laminariæ (1870) 8 sps. — Holsteinborg (1871) 1 fm, 4 sps. — Egedesminde, 15 fms, rocks (Torell) 1 sp. — Godhavn (1871) 1 sp.; D:o 10—15 fms, mud (Aug. 1860, Torell) 1 sp.; D:o (Amondsen) 2 sps. — Claushavn, 5—10 fms (1870) 17 sps. — Disko, Nordfjord, 27 fms, hard dark-gray clay (1871) 1 sp. — Ritenbenk, 5—15 fms, algæ (1870) 3 sps. — N. W. of Cape York, 5—12 fms, clay mixed with sand (1883) 5 sps. — Pröven, on Laminariæ (Torell) 3 sps.

Davis Strait 64° 56′ N. 66° 18′ W., 15—30 m, sand (1894) 7 sps.

Baffin Bay 73° 48′ N. 80° 30′ W., 14—27 m, deep mud (1894) 2 sps.

General distribution:

Norway: the south and west coast to Finmarken, 100 fms (G. O. Sars 1878); Vadsö (Norman 1902). — Murman coast (Pfeffer 1889; Herzenstein 1893). — White Sea (Wagner 1885). — Kara Sea (Collin 1887). — Franz-Joseph Land (Knipowitsch 1901). — Behring Sea (Krause 1885; Bergh 1879, var. Dalli). — Spitzbergen (Knipowitsch 1901, 1902, var. Dalli). — Bear Island (Friele & Grieg 1901). — Greenland (Posselt 1898). — Iceland (Mörch 1868; Johansen 1902). — Faroe Islands (Mörch 1867). — British coasts (Forbes & Hanley 1853; Jeffreys 1869). — Denmark (Mörch 1871). — L. Belt; Kiel (Meyer & Möbius 1865). — German North Sea-coast (Metzger & Meyer 1875). — Heligoland (Heincke 1894). — Holland (van Haren Norman 1878). — Belgium (Maitland 1897). — France (Vayssière 1901). — Labrador and New England to Cape Cod (Whiteaves 1901). — Bare Island, Pacific (Bergh 1900). Depths to 300 m. Clay, sand, algæ.

Dendronotus robustus Verrill 1870.

Habitat:

Bohuslän, Sweden: Gullmarn (1893, 1896) 4 sps.; D:o, 40—50 fms, clay (July 1889, Aurivillius) 10 sps.; D:o Saltkällefjorden (Aug. 1894) 4 sps.; D:o Flatholmen (Aug. 1891) 1 sp.; D:o Skårberget (1895) 9 sps.

Spitzbergen: Bel Sound (Torell) 1 sp.

Greenland: The Fjord off Fredriksdal, 15—20 fms, stones and algæ (1883) 3 sps.

General distribution:

Norway: Lofoten, Vadsö 60—100 fms (G. O. Sars 1878); Tromsö 30—40 fms (Krause 1895); Porsangerfjord 90—100 m (Friele 1902); Trondhjemsfjord (Friele & Grieg 1901). — W. of Bear Island, 123 fms (Friele & Grieg 1901). — Iceland (Bergh 1899). — Greenland (Posselt 1898). — Grand Manan; Nova Scotia (Whiteaves 1901). Depths 15—123 fms.

Doridoxa ingolfiana Bergh 1899.

Distribution: 65° 17′ N. 54° 17′ W., 55 fms, 1 sp.; ? var. 67° 19′ N. 15° 22′ W., 293 fms, bottom temp. + 0,5° C. 1 sp. (Bergh 1899).

Bathydoris ingolfiana Bergh 1899.

Distribution: 59° 12′ N. 51° 8′ W. (Cape Farvel) 1870 fms, bottom temp. + 1,3° C. 1 sp. (Bergh 1899).

Archidoris tuberculata (Cuvier 1804).

Pl. II fig. 8; Pl. III fig. 6.

Habitat:

Kattegatt: Anholt, 1 sp. (Mus. G.).

West coast of Sweden: [1]) Gullmarn, Bohuslän, numerous sps.; D:o Blåbergsholmen, 70 m, algæ (3/8 1905) 1 sp.; D:o Gåsö 1 sp. (Mus. G.); [2]) Uddevallafjärden, rocks (Jacobsen) 1 sp.; [3]) Kummelbanken (Tullberg 1900) 1 sp.; [4]) Väderöarna, c. 20 sps.; [5]) Dyngö, Fjällbacka (Goës) 3 sps.; [6]) Lindö, near Kosterrännan, 30 fms (Olsson) 1 sp.; [7]) Andsö holmar (July 1869) 4 sps.; [8]) Nordkoster 1 sp.; [9]) Strömstadsfjärden (May 1889, Hanson) 1 sp., — Skagerrack: Nidingarna, Skagen (Théel) 1 sp. (L. 50 mm. contracted).

Norway: 5 sps. without definite locality.

England: Cullercoats (Alder) 2 sps.

General distribution:

Norway: Lofoten to 100 fms; west and south coast (G. O. Sars 1878). — Faroe Islands (Mörch 1867). — Iceland (Johansen 1902). — British coasts (Forbes & Hanley 1853; Jeffreys 1869). — Denmark, Hellebæk (Mörch 1871). — Heligoland (van Haren Norman 1878; Heincke 1894). — Holland and Belgium (Maitland 1897). — France (Vayssière 1901). — Portugal (Nobre 1905). — Mediterranean and Adriatic (Carus 1889). — N. E. of Cape Delgado, Gulf of Mexico (Bergh 1894). — Bare Island, Pacific (Bergh 1900). Depths 2—100 fms. Algæ.

Archidoris nobilis (Lovén manuscr.)

Pl. I figs. 14—18.

Habitat:

Bohuslän: Gullmarn, Skårberget (Lovén) 1 sp.; D:o 1 sp.; (L. 25 mm); Väderöarna (July 1895, Aurivillius) coral bottom, 1 sp.

Jorunna Johnstoni (Alder & Hancock 1845[a]).

Habitat:

Bohuslän: Gullmarn 7 sps.; D:o Skår (Lovén) 4 sps.; D:o Alsbäck, Skårberget 70 fms (Aug. 1890) 1 sp.; D:o between Löken and Svenningeskär (Lovén) 2 sps. — Lindö, near Kosterrännan, 30 fms (Olsson) 3 sps. — Andsöholmar 10—30 fms (Olsson) 2 sps.

Norway: Bejan, Trondhjem (Boeck) 1 sp.; Trondhjemsfjord (Koren) 1 sp.

General distribution:

West coast of Norway 10—12 fms (G. O. Sars 1878); Kristianiafjorden (M. Sars 1870). — English and Scottish coasts, Ireland (Jeffreys 1869). — Denmark (Mörch 1871). — Heligoland (Heincke 1894). — France (Vayssière 1901). — Portugal (Nobre 1905). — Mediterranean and Adriatic (Carus 1889). Depths 10—70 fms.

Aldisa zetlandica (Alder & Hancock 1855).

Habitat:

Norway: Finmarken, Kvænangen 20—40 fms 1 sp. (Mus. U.; Aurivillius 1886).

General distribution:

Norway: Lofoten to 200 fms; Finmarken; Bergen (G. O. Sars 1878); Trondhjemsfjord 200—250 ms (Norman 1893); ? Herlöfjorden (Appellöf 1894). — North Atlantic 63° 33′ N. 20° 5′ W., 393 fms, bottom temp. + 3,8° C. 1 sp. (Bergh 1899). — Shetland 40 fms (Jeffreys 1869). — Azores (Bergh 1899).

Platydoris planata (Alder & Hancock 1846[a]).

Pl. I figs. 19—20.

Habitat:

Bohuslän: Kristineberg, Gullmarn (Aug. 1891, Carlgren) 1 sp., with fertilized eggs (L. 42 mm); Gullmarn 2 sps. (L. 22 and 20 mm); Väderöarna 1 sp. (L. 35 mm); Andsöholmar 1 sp. (L. 20 mm).

General distribution:

British and Scottish coasts (Alder & Hancock 1862; Jeffreys 1869); Plymouth (Garstang 1890). — France (Vayssière 1901). — Portugal (Nobre 1905). — If this species is identical with P. testudinaria (Risso 1826), which is supposed by Alder & Hancock (1862), it occurs also in the Mediterranean.

Rostanga coccinea (Forbes 1843).

Habitat:

England: Cornwall (Alder) 1 sp.

General distribution:

West coast of Norway 5—10 fms (G. O. Sars 1878). — Faroe Islands (Mörch 1867). — British coasts (Jeffreys 1869); Plymouth (Garstang 1890). — Danish coast, Skagerrack (Mörch 1871). — France (Vayssière 1901). — Portugal (Nobre 1905). — Mediterranean, Adriatic, Aegean (Carus 1889). Under stones between tide-marks (Jeffreys 1869).

Cadlina obvelata (Müller 1776).

Pl. III figs. 7—9.

Habitat:

West coast of Sweden: Skåne, between Väderön and Torekov, 8 fms sand and algæ ($^{7}/_{7}$ 1902, Lönnberg) 1 sp.; between Väderön and Höghalla udde, 8 fms, algæ ($^{16}/_{7}$ 1902, Lönnberg) 1 sp.; Hallands Väderö 6—7 fms, algæ ($^{1}/_{7}$ 1902, Lönnberg) 1 sp.; N. of Vinga skär, Halland, 8 fms ($^{25}/_{7}$ 1902, Lönnberg) 2 sps. — Bohuslän: [1]) Gullmarn numerous sps.; D:o Stångholmen, red algæ (Jan. 1895, Aurivillius) 7 sps.; D:o Löken, 20 fms 1 sp. (Mus. G.); [2]) Väderöarna (Aurivillius and Asklund) 8 sps.; [3]) Andsöholmar (Olsson) 1 sp.; [4]) Dyngö, Fjällbacka, 8 fms, 3 sps.; [5]) Styrsö, 10 fms (Olsson) 1 sp.; [6]) Lindö near Kosterrännan 30 fms (Olsson) 1 sp.

Norway: Trondhjemsfjord (Koren) 1 sp.

Kara Sea: Leche (1878), 5—10 fms, Lithothamnium.

Spitzbergen: 1 sp. (Torell) without definite locality. — Bel Sound, 60 fms, rocks (Torell) 1 sp. — Liefde Bay, 5 fms, algæ and clay with stones ($^{3}/_{9}$ 1868) 2 sps. — Waygats Islands 70° 20′ N. 19° E., 30 fms, rocks ($^{16}/_{8}$ 1861, Malmgren) 1 sp. — Ice Fjord, Green Harbour, 40 fms (Lovén 1837) 2 sps.[1]

Iceland: Beru Fjord, 9—13 fms (Torell) 1 sp.; Reikjavik (Torell) 8 fms, stones, 3 sps.

Greenland: Posselt (1898) 20—60 fms. Further: Egedesminde 30—40 fms, stones (1870) 1 sp. — Jacobshavn, 35 fms, clay ($^{7}/_{8}$ 1870 Öberg) 1 sp.

General distribution:

Norway: Lofoten; Vardö; the whole west and south coast 10—30 fms (G. O. Sars 1878). — Murman coast, White Sea (Pfeffer 1889; Herzenstein 1893). — Spitzbergen 30—40 fms (Mörch 1869; Krause 1892; Knipowitsch 1901, 1902). — North Atlantic 64° 54′ N. 55° 10′ W., 393 fms, bottom temp. + 3,8° C. (Bergh 1899). — Greenland (Mörch 1857). — Iceland (Mörch 1868). — British coasts (Jeffreys 1869). — Denmark (Mörch 1871). — Kiel (Meyer & Möbius 1865). — France (Vayssière 1901). — Mediterranean and Adriatic (Carus 1889). — E. N. E. of Cape Delgado, Gulf of Mexico (Bergh 1894). Depths 5—393 fms. Clay, stones, algæ.

[1] The radulæ of these last specimens contain a less number of teeth than usual (13 · 1 · 13).

Cadlina glabra (Friele & Hansen 1876).

Habitat:

Bohuslän (Lovén) 1 sp. (= Doris lævis Müller of Lovén 1846).

General distribution:

Florö, W. Norway, 200 fms (Friele & Hansen 1876).

Triopella incisa (M. Sars 1872).

Distribution: Norway, Lofoten 120—200 fms; Christiansund (G. O. Sars 1878); Trondhjemsfjord 250 — 300 fms (Norman 1893).

Aegires punctilucens (d'Orbigny 1837).

Pl. II figs. 9—10.

Habitat:

Bohuslän (Lovén) 9 sps.; D:o Gullmarn, Gåsö 16 fms 1 sp. (Mus. G.).

General distribution:

Norway: Fejde, West Norway, on Laminariæ 15—35 m (Friele & Hansen 1876); Husö 40—60 fms (Friele & Grieg 1901). — British coasts (Jeffreys 1869; M'Intosh 1874). — France (Vayssière 1901). — Mediterranean? (Carus 1889). Under stones among rocks near low-water mark (Jeffreys 1869).

Triopa clavigera (Müller 1776).

Pl. III fig. 10.

Habitat:

West coast of Sweden: Bohuslän, [1]) Gullmarn c. 45 sps.; D:o 20 fms (May 1895, Aurivillius) 1 sp.; D:o Grundsund (1888) 5 sps.; D:o Kristineberg 2 sps. (Mus. U.). — [2]) Lindö, near Kosterrännan, 30 fms (Olsson) 1 sp. — [3]) Väderöarna (Aug. 1887) 6 sps.; D:o, coral bottom (July 1890) 1 sp. — [4]) Kosterfjorden (July 1895) 2 sps.

Norway: Andabelö on Laminariæ (Öberg) 3 sps.; Stavanger 2 sps.; Hardanger 10—20 fms (Mus. U.).

General distribution:

Norway: the west coast 5—20 fms (G. O. Sars 1878; Grieg 1896); Christiansund (Lilljeborg 1851). — British coasts (Jeffreys 1869; M'Intosh 1874). — Heligoland (Heincke 1896). — Holland (Hoek 1878). — Belgium (Maitland 1897). — France (Vayssière 1901). — Portugal (Nobre 1905). Depths to 30 fms. Algæ.

Issa lacera (Abildgaard 1806).

Habitat:

Norway: Molköesund, Hammerfest, 15 fms (Lovén) 1 sp.
Greenland: Posselt (1898).

General distribution:

Norway: Bodö—Vadsö, 30—100 fms, stones (G. O. Sars 1878); Ringvatsö, Tromsö, 10—12 fms (Krause 1895). — N. of Norway 71° 5′ N. 26° 16′ 5″ E., 300 m, bottom temp. + 3,93° C. (Friele 1902). — Murman coast (Pfeffer 1889; Herzenstein 1893). — Nova Scotia; Cape Code (Whiteaves 1901).

Issa villosa n. sp.

Pl. I fig. 21.

Habitat:

Spitzbergen: Bel Sound, 16—20 fms (Torell) 7 sps.

Thecacera virescens Alder & Hancock 1855.

Distribution: Norway: Hardanger (G. O. Sars 1878). — British coasts (Jeffreys 1869).

Palio Lessoni (d'Orbigny 1837).

Pl. II fig. 16.

Habitat:

The Baltic: Kiel (Möbius) 1 sp. and 5 sps. (P. ocellata).
West coast of Sweden: Bohuslän, Gullmarn (Lovén) 1 sp.; D:o Löken 22 fms 1 sp. (Mus. G.); D:o Kristineberg 1 sp. (Mus. U.); Nötholmen, Strömstad (Febr. 1890, Hanson) 1 sp.; Dyngö? (Goës) 1 sp.
Norway: 1 sp. (P. dubia) without definite locality (Kröyer).
Greenland: Posselt (1898, P. Holbölli) 20 fms, rocks.

General distribution:

Norway: the west coast (P. dubia and ocellata); Aalesund (G. O. Sars 1878); Finmarken (Lovén 1846, P. pudica); Kvænangen, Tromsö 15 fms (Krause 1895). — Murman coast (Pfeffer 1889, P. Holbölli). — White Sea (Herzenstein 1893, P. Holbölli). — Greenland (Mörch 1857, P. Holbölli). — Iceland (Mörch 1868, P. ocellata). — British coasts (Jeffreys 1869). — Denmark (Mörch 1871). — Kiel; Heligoland (Meyer & Möbius 1865, P. ocellata). — Travemünde (Lenz 1875, P. ocellata). — Heligoland (Heincke 1894). — France (Vayssière 1901). — Adriatic (Carus 1889). — East Canada (Whiteaves 1901). From tide-marks to the coralline zone (Jeffreys 1869).

Polycera quadrilineata (Müller 1776).

Pl. III figs. 11—14.

Habitat:

The Baltic: Kiel (Möbius) 2 sps.

West coast of Sweden: Laholmsbukten, Halland, 8 fms, hard clay ($^{10}/_{6}$ 1902, Lönnberg) 1 sp. — Bohuslän: [1]) Gullmarn c. 85 sps.; D:o 60—70 m (June 1902) 1 sp.; D:o among. Laminariæ (winter 1895, Aurivillius) 10 sps.; D:o Gåsö ($^{6}/_{6}$ 1905) 4 sps.; D:o Gåsöfjord, 5—10 fms (May 1895, Aurivillius) 1 sp.; [2]) Stigfjorden c. 50 sps.; [3]) N. of Styrsö 10—20 fms (Aug. 1889) c. 15 sps.; [4]) Väderöarna (1887, Asklund) 10 sps.; [5]) Dyngö, Fjällbacka c. 30 sps.; [6]) W. of Koster, inside the rocks, 2—5 fms (Ljungman) 20 sps.; [7]) Skarfön, Strömstad (1890, Hanson) c. 20 sps.

Norway: 5 sps. (Düben) without definite locality; Trondhjemsfjorden (Koren) 2 sps.; Bergen, Glæsvær 10 fms, 1 sp. (Mus. U.).

General distribution:

Norway: Lofoten 10—20 fms; the whole west and south coast (G. O. Sars 1878). — British coasts (Jeffreys 1869). — Norway: Christiansund (Lilljeborg 1851). — Denmark (Mörch 1871). — Kiel (Meyer & Möbius 1865). — Heligoland (Metzger & Meyer 1875, Heincke 1894). — Holland and Belgium (Maitland 1897). — France (Vayssière 1901). — Portugal (Nobre 1905). — Mediterranean and Adriatic (Carus 1889). Depths to 70 m. Algæ.

Doridunculus echinulatus G. O. Sars 1878.

Distribution: Risvær, Lofoten, 80—100 fms (G. O. Sars 1878).

Doridunculus pentabranchus n. sp.

Pl. I figs. 22—23.

Habitat:

Skagerrack 58° 2′ N. 9° 4′ E., 335 fms, fine brown clay ($^{16}/_{7}$ 1879, Gunh. Exp.) 1 sp. with trawl.

Acanthodoris pilosa (Müller 1776).

Pl. II figs. 13—15.

Habitat:

The Baltic: Kiel (Möbius) 1 sp.

West coast of Sweden: Skåne: Kullen (Lilljeborg) 1 sp.; between Kullen and Väderön, $13^{1}/_{2}$ fms, shells ($^{18}/_{7}$ 1902 Lönnberg) 2 sps.; between Kullen and Vinga skär, 14 fms, shells ($^{3}/_{7}$ 1902, Lönnberg) 1 sp.; between Torekov and Arilds läge, 14 fms,

shells and clay ($^{4}/_{7}$ 1902, Lönnberg) 6 sps. — Göteborg Skärgård 2 sps. (Mus. G.). — Bohuslän: [1]) Gullmarn, numerous sps.; D:o among Zostera (Aug. 1895) 3 sps.; D:o Gåsö 24 fms 1 sp. (Mus. G.); [2]) Väderöarna (Aug. 1881, Svedérus) 4 sps.; [3]) Lindö, near Kosterrännan, 30 fms 1 sp.; [4]) Kostersundet 1 sp.; [5]) Styrsö, Koster (Aug. 1886) 20 sps.; [6]) Strömstadsfjorden (1890, Hanson) 3 sps.; D:o, 1 m (Apr. 1892, Hanson) 1 sp.

Norway: Reisen, Finmarken (Nylander & Gadd) 2 sps.; Tromsö, ebb (Malmgren 1864) 16 sps.; D:o 2 sps. (Mus. U.), 1 sp. (Kröyer) without definite locality (= Doris tomentosa Lovén 1846).

Peninsula Kola: Waidaguba, on the shore (Sept. 1877, Sandeberg) 1 sp.

var. **fusca** (Lovén 1846).

Pl. II fig. 12.

Habitat:

West coast of Sweden: Gullmarn (Lovén) 1 sp.; D:o between Grundsund and Löken (July 1888, Asklund) 3 sps.

Norway: Hammerfest (Lovén) 1 sp.

General distribution (type and var.):

Norway: Lofoten—Vädsö; west and south coast, 10 fms (G. O. Sars 1878). — Murman coast (Pfeffer 1889; Herzenstein 1893). — White Sea (Herzenstein 1893). — Faroe Islands (Mörch 1867). — Iceland (Mörch 1868; Johansen 1902). — Greenland (Mörch 1857). — British coasts (Jeffreys 1869). — Denmark (Mörch 1871). — Kiel (Meyer & Möbius 1865). — Travemünde (Lenz 1875). — Heligoland (Heincke 1894). — Holland and Belgium (Maitland 1897). – Belgium (Pelseneer 1882). — France (Vayssière 1901). — Aegean (Carus 1889). — N. America, Charlestown (Gould & Binney 1870). Depths: from tide-mark to 40 fms. Algæ.

Acanthodoris sibirica (Aurivillius 1887).

Habitat:

North of Asia: Aurivillius (1887), 3 localities, 5—12 fms, clay, sand and stones.

Spitzbergen: Bel Sound, 30—35 fms (Torell) 1 sp. (L. 20 mm). — Cloven Cliff, 20 fms (Torell) 2 sps. (L. 23—30 mm).

General distribution:

Spitzbergen: Deevie Bay (Krause 1892). — Stor Fjord (Knipowitsch 1901).

Adalaria proxima (Alder & Hancock 1845[a]).

Habitat:

The Baltic: Kiel (Möbius) 3 sps.

West coast of Sweden: Gullmarn (Mars 1902, Lönnberg) 1 sp.; D:o Grundsund (Nov. 1888, Lönnberg) 1 sp.; D:o (Jan. 1890, Wirén) 1 sp.; D:o (winter 1895, Aurivillius) 5 sps.; D:o Löken 8 fms 3 sps. (Mus. G.). — Väderöarna (Aug. 1887, Asklund) 3 sps. — Gullmarn (Lovén) 12 sps. (= Doris echinata Lovén 1846).

Norway: Andabelö, Laminariæ and rocks, 4 sps. — Haugesund 27 fms, Laminariæ (1880) 30 sps.

General distribution:

Baltic: Kiel and Bornholm (Meyer & Möbius 1865). — Norway: Lofoten; the west coast, 10 fms (G. O. Sars 1878). — Murman coast and White Sea (Pfeffer 1889; Herzenstein 1893). — British coasts (Jeffreys 1869). — Denmark (Mörch 1871). — Heligoland (Heincke 1894). — Massachusetts (Verrill 1882). Depths to about 30 fms. Rocks and algæ.

Adalaria Lovéni (Alder & Hancock 1862).

Habitat:

Bohuslän: Flatholmen, by Grundsund, Gullmarn (July 1888, Asklund) 1 sp. — Väderöarna (1887, Karlson) 2 sps.

General distribution:

Norway: Bergen 10—20 fms (Friele 1876); west coast (Grieg 1897). — British coast (Jeffreys 1869).

Lamellidoris bilamellata (Linné 1766).

Habitat:

West coast of Sweden: Gullmarn, Bohuslän, clay (July 1896) 3 sps.; D:o (winter 1895, Aurivillius) 1 sp.; D:o Smedjan (Mars 1902, Lönnberg) 4 sps.; D:o Flatholmen (1886) 3 sps.; D:o Fiskebäckskil, the harbour, »on a ship together with Mytilus and Balani» (Mars 1895, Aurivillius) 3 sps.; D:o Löken, 20 fms, 2 sps. (Mus. G.); D:o Kristineberg 4 sps. (Mus. U.).

Norway: Sörvær, Finmarken, numerous sps. (Mus. U.).

England (Alder) 2 sps.

Greenland: Egedesminde 30—40 fms ($^{18}/_{7}$ 1870, Öberg) 1 sp. — 1 sp. (Holst 1880) without definite locality.

East Greenland: Franz-Joseph Fiord 250 m 1 sp. (Mus. U., Hägg 1905).[1]

General distribution:

Norway: the south and west coast to Tromsö and Öxfjord, West Finmarken, 10 fms (G. O. Sars 1878); Vadsö (Norman 1902). — Murman coast (Pfeffer 1889;

[1] Hägg's specimen from Pendulum Islands seems to be a Cadlina.

Herzenstein 1893). — Iceland 2—3 m (Johansen 1902; Mörch 1868; Verkrüzen 1872). - Denmark (Mörch 1871). — Heligoland (Heincke 1894). — Belgium (Pelseneer 1882). — British coasts (Jeffreys 1869). — France (Vayssière 1901). — New England to Cape Cod (Gould & Binney 1870). — Davis Strait (Jeffreys 1887). Depths 2—250 m (Hägg 1905). Rocks.

var. **liturata** (Möller 1842).

Habitat:

Greenland: Posselt (1898, L. acutiuscula) 30—35 fms, clay, stones. Further: Egedesminde, 15 fms, rocks (Torell) 1 sp.; D:o 30—40 fms, rocks ($^{18}/_{7}$ 1870, Öberg) 1 sp.

General distribution:

Greenland (Mörch 1857; Posselt 1898).

Lamellidoris muricata (Müller 1776)
(incl. **L. aspera** [Alder & Hancock 1842]).

Habitat:

The Baltic: Kiel (Möbius) 4 sps.

West coast of Sweden: Skåne, Kullen (Lilljeborg) 1 sp.; between Torekov and Arilds läge, 14 fms, clay with shells and red algæ ($^{4}/_{7}$ 1902, Lönnberg) 2 sps. — Halland, Laholmsbukten 9 fms, algæ ($^{10}/_{6}$ 1903, Lönnberg) 4 sps. — Bohuslän: [1]) Gullmarn, shallow water, numerous sps. (mostly young); D:o among Florideæ (1885) c. 30 young sps.; D:o Stångholmen 6 fms 2 sps. (L. aspera; Mus. G.); [2]) Strömstad, Skarfön (1890, Hanson) 20 sps.; D:o 1—2 fms (Apr. 1880, Hanson) c. 15 sps.; [3]) Långö, Strömstad ($^{11}/_{4}$ 1888, Hanson) 9 sps.; [4]) Väderöarna (Aug. 1887, Asklund) numerous sps.

Norway: 15 sps. (Düben) and 4 sps. (Kröyer) without definite localities. — Christiansund 1 sp. (Mus. U.); Tromsö 4 sps. (Mus. U.).

England, Cullercoats (Alder) 5 sps. (L. aspera).

General distribution:

Norway: south and west coast, 10 fms; Nordkap (G. O. Sars 1878); Vadsö (Norman 1902). — Murman coast (Pfeffer 1889; Herzenstein 1893). — White Sea (Herzenstein 1893). — Faroe Islands (Mörch 1867). — British coasts (Jeffreys 1869). — Kiel and east Baltic (Meyer & Möbius 1865). — Travemünde (Lenz 1875). — Denmark (Mörch 1871). — Heligoland (Heincke 1894). — France (Vayssière 1901). — North America: Halifax, Nova Scotia (Verrill 1882). — Norwegian Islands, Spitzbergen, 10 fms (Friele & Grieg 1901). — Distribution to Cape Finisterre (Friele & Grieg 1901).

Lamellidoris diaphana (Alder & Hancock 1845 [b]).

Habitat:

West coast of Sweden: Bohuslän, Gullmarn (Lovén) 2 sps.; D:o (winter 1895, Aurivillius) c. 30 sps.

General distribution:

British coasts (Jeffreys 1869). — Denmark (Mörch 1871). — Heligoland (Heincke 1894).

Lamellidoris sparsa (Alder & Hancock 1846 [b]).

Distribution: Faroe Islands (Mörch 1867). — England, Cullercoats (Alder & Hancock 1846 [b]).

Lamellidoris pusilla (Alder & Hancock 1845 [b]).

Habitat:

Bohuslän: Kosterfjorden (July 1895, Aurivillius) 1 sp.

General distribution:

Norway: the west coast and Kristianiafjorden to 10 fms (G. O. Sars 1878); Husö 40—60 fms (Friele & Grieg 1901). — British coasts (Jeffreys 1869).

Lamellidoris inconspicua (Alder & Hancock 1845 [a]).

Habitat:

Bohuslän: ? Gullmarn 1 sp.; D:o Gåsöfjord (May 1895, Aurivillius) 1 sp.

General distribution:

Iceland (Mörch 1868). — British coasts (Jeffreys 1869). — France (Vayssière 1901).

Lamellidoris luteocincta (M. Sars 1870).

Distribution: Kristianiafjorden, Norway 10—20 fms (M. Sars 1870).

Lamellidoris? acutiuscula (Möller 1842).

Distribution: Greenland (Möller 1842; Posselt 1898).

Goniodoris nodosa (Montagu 1808).

Pl. III fig. 15.

Habitat:

Bohuslän: Gullmarn 13 sps.; D:o Kristineberg (winter 1895) 6 sps.; D:o Stångholmen (May 1888, Asklund) 5 sps.; D:o Löken 5—22 fms stones, and Gåsö 30 fms

3 sps. (Mus. G.). — Dyngö, Fjällbacka (Hanson) 1 sp. — Väderöarna, coral bottom, 40—50 fms (July 1887) 1 sp. — Kosterfjorden (July 1895, Aurivillius) 1 sp.

General distribution:

Norway: the west coast 5—20 fms (G. O. Sars 1878). — British coasts (Jeffreys 1869). — Sweden: ? Kullen (Lilljeborg 1851). — Denmark (Mörch 1871). — Heligoland (Heincke 1894). — France (Vayssière 1901). Depths to 50 fms.

Goniodoris Danielsseni Friele & Hansen 1876.

Distribution: Bergen, Norway, 20—30 fms (Friele & Hansen 1876).

Idalia elegans Leuckart 1828.

Distribution: Kullen, Sweden (Mörch 1871). — Danish coast (Mörch 1871). — British coasts (Jeffreys 1869). — France (Vayssière 1901). — Mediterranean and Adriatic (Carus 1889). Depths 15 fms (Jeffreys).

Idalia pulchella Alder & Hancock 1855.

Habitat:

Flatholmen, Gullmarn, Bohuslän (Lovén) 4 sps.

General distribution:

Norway: the west coast (Aalesund); Lofoten 200 fms (G. O. Sars 1878); Tromsö (Krause 1895). — British coasts (Jeffreys 1869). — Massachusetts (Verrill 1882).

var. **fusca** n. n.

Pl. II fig. 19.

Habitat:

Gullmarn, Bohuslän (Lovén) 1 sp. (= I. cirrigera Phil. of Lovén 1846).

Idalia aspersa Alder & Hancock 1845[a].

Habitat:

Väderöarna, Bohuslän, 6 fms, rocks (Goës) 2 sps.

General distribution:

Norway: Hammerfest (Friele & Grieg 1901). — British and Irish Coasts (Jeffreys 1869). — France (Vayssière 1901).

Ancula cristata (Alder 1841).

Pl. III figs. 16—17.

Habitat:

Bohuslän: Käringön (Lovén) 1 sp.; D:o Löken, Gullmarn 15 fms, 1 sp. (Mus. G.)
Norway: Aalesund (Kröyer) 1 sp.

General distribution:

Norway: the west coast 5—10 fms (G. O. Sars 1878). — British coasts (Jeffreys 1869). — Denmark (Mörch 1871); Kattegatt (Bergh 1880). — Kiel; Heligoland (Meyer & Möbius 1865; Heincke 1897). — Holland and Belgium (Maitland 1897). — France (Vayssière 1901). — British coasts (Jeffreys 1869). — Iceland (Mörch 1868). — Murman coast (Pfeffer 1889; Herzenstein 1893). — White Sea (Herzenstein 1893). — St. Lawrence (Verrill, in Bergh 1880).

Aeolis papillosa (Linné 1766).

Habitat:[1]

West coast of Sweden: Halland, between Vinga and Kullen, 14 fms, clay and shells ($^3/_7$ 1902, Lönnberg) 1 sp. — Göteborg Skärgård 2—14 fms 2 sps. (Mus. G.). — Bohuslän: [1]) Gullmarn, numerous sps.; D:o among algæ and rocks, 1 $^1/_2$ fms c. 15 sps.; D:o 70 fms, red algæ (1905) 1 sp.; [2]) Uddevallafjärden (Jacobsen) 3 sps.; [3]) Dyngö, Fjällbacka (Hanson) 2 sps.; [4]) Skorpö, Strömstad (Febr. 1890, Hanson) 1 sp.; D:o (June 1890, Hanson) 1 sp.

Norway: Bergen (1848, Christie) 1 sp. — Grötsund, Finmarken, low water (Goës & Malmgren) 1 sp.; D:o Sörvær c. 10 sps. (Mus. U.).

? Kara Sea: Leche (1878).

Spitzbergen and East Greenland: 3 local. 3—100 m, mud, sand, stones, algæ (Mus. U., Hägg 1905).

General distribution:

Norway: the south and west coast to Lofoten and Tromsö, to 20 fms (G. O. Sars 1878); Vadsö (Norman 1902); Bussesund (Bergh 1886). — Spitzbergen, Prince Charles' Foreland (Hägg 1905). — Iceland (Mörch 1868; Johansen 1902). — Faroe Islands (Mörch 1867). — British Islands (Forbes & Hanley 1853; Jeffreys 1869). — Denmark (Mörch 1871). — Kiel; L. Belt; Heligoland (Meyer & Möbius 1865, Heincke 1894). — Holland (van Haren Norman 1878). — Holland and Belgium (Maitland 1897). — France (Vayssière 1901). — East coast of N. America (Gould & Binney 1870; Verrill 1882; Whiteaves 1901). — Baffin Land (Dall 1879). — Alaska (Dall 1885). — Behring Sea (Dall 1886). — Chile; Patagonia (Bergh 1894). Depths 2—100 m (Hägg 1905). Stones, sand, mud and algæ.

[1] The specimens from Franz-Joseph Fiord, mentioned by Hägg (1905), belong to Coryphella salmonacea.

Aeolidiella glauca (Alder & Hancock 1845 [b]).

Habitat:

Gullmarn, Bohuslän, 1 sp. (L. 11 mm).

General distribution:

Denmark, Limfjorden (Collin 1884). — British coasts (Jeffreys 1869). — France (Vayssière 1901). — Portugal (Nobre 1905). — Mediterranean and Adriatic (Carus 1889).

Cuthona nana (Alder & Hancock 1842).

Pl. II. fig. 20.

Habitat:

Bohuslän: Gullmarn (Lovén) 1 sp.; D:o Gåsö 10 fms, 1 sp. ($^{15}/_{7}$ 1872; Mus. G.).

General distribution:

Norway: Aalesund (G. O. Sars 1878). — Great Britain (Jeffreys 1869). — France (Vayssière 1901). — Behring Sea (Krause 1885).

Cuthona Peachi (Alder & Hancock 1848).

Habitat:

Laholmsbukten, Halland, west coast of Sweden, 11 fms, shells and algæ ($^{13}/_{6}$ 1902, Lönnberg) 1 sp.

General distribution:

British coasts (Alder & Hancock 1848; Jeffreys 1869). — Ireland (Nichols 1899).

Cuthona aurantiaca (Alder & Hancock 1842).

Habitat:

Bohuslän, Gullmarn (Lovén) 2 sps.
Norway, Finmarken (Nylander & Gadd) 2 sps.

General distribution:

Norway: Husö 20 fms (Friele & Grieg 1901); Skraaven, Lofoten 30—40 fms (G. O. Sars 1878). — British coasts (Jeffreys 1869). — Holland and Belgium (Maitland 1897). — France (Vayssière 1901).

Cratena olivacea (Alder & Hancock 1842).

Habitat:

Bohuslän, Gullmarn, 1 sp.; D:o, Blåbergsholmen (Febr. 1895, Aurivillius) 1 sp.; D:o Gåsö 35 fms, Stångholmsrännan and Löken 25 fms, 1, 4, 2 sps. resp. (Mus. G.).

General distribution:

Norway: Manger (Friele & Hansen 1876) 5—10 fms. — British coasts (Jeffreys 1869; M'Intosh 1874). — Heligoland (Heincke 1894). — France (Vayssière 1901).

Cratena concinna (Alder & Hancock 1843).

Pl. III fig. 22.

Habitat:

Bohuslän, Gullmarn (1889, Aurivillius) 1 sp.; D:o Humlesäcken (Lovén) 1 sp.; D:o Löken 22—25 fms 3 sps. (Mus. G.).

General distribution:

Bear Island 35 fms (Friele & Grieg 1901). — Norway: Bergen from 5 fms (Friele 1876); Kristianiafjorden, 80—100 fms (Asbjörnsen 1854). — Bohuslän (Lovén 1846). — British coasts (Jeffreys 1869). — Heligoland (Heincke 1894). — France (Vayssière 1901).

Cratena viridis (Forbes 1840).

Pl. III fig. 20.

Habitat:

Gullmarn, Bohuslän (Lovén) 2 sps.

General distribution:

Saltströmmen, Norway, 90 fms, and Bear Island, 35 fms (Friele & Grieg 1901). — British coasts (Jeffreys 1869; M'Intosh 1874). — Heligoland (Heincke 1894). — Frånce (Vayssière 1901).

Cratena angulata (Alder & Hancock 1844[a]).

Pl. III fig. 19.

Habitat:

Gullmarn (Lovén) 1 sp. (= Aeolis obtusalis Alder & Hancock of Lovén 1846); D:o 25 fms, 1 sp. (Mus. G.).

General distribution:

Great Britain (Jeffreys 1869). — Firth of Forth, Scotland (Metzger & Meyer 1875). — Normandie (Jeffreys 1869).

Cratena Olrikii (Mörch 1857).[1]

Distribution: Greenland, Godhavn (Mörch 1857; Bergh 1864; Posselt 1898).

Cratena hirsuta (Bergh 1860).

Distribution: The Sea S. of Greenland (Bergh 1864); Egedesminde (Posselt 1898). — Spitzbergen: Bastian Islands 30 fms (Krause 1892).

Cuthonella abyssicola Bergh 1884.

Distribution: Faroe Channel 60° 5′ N. 6° 21′ W., 680 fms, bottom temp. — 1,1° C. ($^{23}/_{8}$ 1882) 1 sp. (Bergh 1884).

Cuthonella ferruginea Friele 1902.

Distribution: N. W. of Iceland, 600 m 1 sp. (Friele 1902).

Cuthonella Berghi Friele 1902.

Distribution: Denmark Strait, 550 m 1 sp. (Friele 1902).

Hervia modesta Bergh 1874.

Distribution: Hellebæk, Sjælland (Bergh 1874).

Cumanotus laticeps n. sp.

Text-figs. 2—4.

Habitat:

Norway: Sörvær, Finmarken, 5—10 fms (July 1890, Jägerskiöld) 4 sps.

Tergipes despectus (Johnston 1835).

Distribution: Norway: Bergen 0—10 fms (Friele & Hansen 1876); Husö, littoral (Friele & Grieg 1901). – Great Britain (Jeffreys 1869). — Heligoland (Heincke 1894). — Holland and Belgium (Maitland 1897). — France (Vayssière 1901). — East coast of N. America (Gould & Binney 1870).

Forestia albicans (Friele & Hansen 1876).

Distribution: Norway, Florö, Bergen 10 fms, on Fucus (Friele & Hansen 1876).

[1] The specimen mentioned by Posselt is a Coryphella salmonacea.

Embletonia pallida Alder & Hancock 1855.

Habitat:

The Baltic: Off Karlshamn, Blekinge (⁹/₉ 1856, Cederström) 3 sps.

General distribution:

Finland, by Helsingfors (Levander 1899). — Gotland (Lindström 1868). — Pillau; Warnemünde (Möbius 1873). — Kiel (Meyer & Möbius 1865). — Königsberg (Hensche 1866). — Denmark (Mörch 1871). — Norway: Bergen (Metzger & Meyer 1875). — Lofoten (G. O. Sars 1878). — British coasts (Jeffreys 1869).

Embletonia pulchra (Alder & Hancock 1844[b]).

Habitat:

Bohuslän, Gullmarn, 10 fms, shells and sand (Lovén) 2 sps.

General distribution:

British coasts (Jeffreys 1869). — Holland and Belgium (Maitland 1897). — France (Vayssière 1901). — Mediterranean (Carus 1889).

Amphorina Alberti Quatrefages 1844.

Distribution: Trangisvaag, Faroe Islands (Bergh 1899). — France (Vayssière 1901). — Mediterranean (Carus 1889).

Capellinia ? fustifera (Lovén 1846).

Pl. III fig. 23.

Habitat:

Kvarnholmen, Bohuslän 12 fms 1 sp. (Mus. G.).

General distribution:

Bohuslän (Lovén 1846). — Adriatic (M. Sars 1853).

Galvina picta (Alder & Hancock 1842).

Distribution: Norway, Florö, 5—10 fms (Friele & Hansen 1876); Husö, littoral (Friele & Grieg 1901). — British coasts (Jeffreys 1869). — Heligoland (Heincke 1894). — France (Vayssière 1901). — Mediterranean and Adriatic (Carus 1889). — East coast of N. America (Friele & Grieg 1901).

Galvina Farrani (Alder & Hancock 1844[a]).

Distribution: ? Norway: Vardö, Bussesund (Bergh 1886); Bergen (Bergh 1877). — British coasts (Jeffreys 1869). — France (Vayssière 1901). — Mediterranean (Carus 1889).

Galvina exigua (Alder & Hancock 1848).

Pl. III fig. 21.

Habitat:[1]

The Baltic: Dalbyö, Södermanland Skärgård (Nordenskiöld) c. 15 sps. — Kiel (Möbius) 1 sp.

Bohuslän: Gullmarn, in the surface of the water (Aug. 1883, Asklund) 3 sps.; D:o among Zostera (Aug. 1887, Asklund; June 1895, Aurivillius) 16 sps.; D:o (Lovén; Mars 1902, Lönnberg) 2 and 10 sps.; D:o Löken 8 fms 1 sp. (Mus. G.).

General distribution:

Norway: Bergen 5—10 fms (Bergh 1874); Finmarken (G. O. Sars 1878). — White Sea (Herzenstein 1893). — British coasts (Jeffreys 1869). — Denmark (Mörch 1871). — L. Belt, Kiel (Meyer & Möbius 1865). — Gotland and Stockholm Skärgård (Lindström 1868). — Heligoland (Heincke 1894). — France (Vayssière 1901). — Adriatic (M. Sars 1853). — Massachusetts (Verrill 1882).

Galvina cingulata (Alder & Hancock 1842).

Habitat:

Bohuslän, Gullmarn (Lovén) 2 sps.

General distribution:

British coasts (Jeffreys 1869). — France (Vayssière 1901).

Galvina flavescens Friele & Hansen 1876.

Distribution: Norway: Manger and Alverströmmen (Friele & Hansen 1876).

Galvina rupium (Mörch 1842).

Habitat:

Greenland: Posselt (1898) 10—20 fms. Further: Claushavn 5—10 fms ($^3/_8$ 1870, Öberg) 4 sps.; D:o 10—15 fms ($^6/_8$ 1870, Öberg) 2 sps.; Umanak 40—50 fms, clay (Koren) 1 sp.

General distribution:

Greenland (Mörch 1842; Bergh 1864; Posselt 1898).

[1] The Galvina exigua, mentioned by Aurivillius 1887 (from Jugor sharr, Kara Sea) is another species (G. Farrani ?), because the papillæ are set in about 10 rows, the largest containing to 10 papillæ.

Galvina tricolor (Forbes 1838).

Pl. II fig. 17.

Habitat:

Kattegatt: Anholt 1 sp. (Mus. G.).

Bohuslän: Gullmarn (Lovén) 1 sp.; D:o (1884, 1893, Aug. 1896, 1900), 1, 1, 1, 2 sps.; D:o, Gåsö (6/6 1905) 1 sp.; D:o 16—30 fms 7 sps. (Mus. G.).

General distribution:

Norway: west coast 5—10 fms (G. O. Sars 1878). — British coasts (Jeffreys 1869). — France (Vayssière 1901).

Coryphella rufibranchialis (Johnston 1832).

Habitat:

The Baltic: Kiel (Möbius) 2 sps.

Bohuslän: Gullmarn, numerous sps.; D:o 10—22 fms, 5 sps. (Mus. G.); D:o (Jan. 1890, Wirén) 11 sps.; D:o among algæ and Zostera (winter 1895, Aurivillius) 20 sps.; D:o Önholmen, Grundsund (Nov. 1888, Lönnberg) 20 sps. — Skorpö, Strömstad (1890, Hanson) 35 sps.; D:o Nötholmen (1890, Hanson) 50 sps.; Strömstadsfjärden, 1/2 m (Mars 1890, Hanson) 30 sps.

General distribution:

Norway: the west coast to Lofoten and Finmarken 0—5 fms (G. O. Sars 1878); Tromsö (Krause 1895); Herlöfjord 100—150 fms (Grieg 1896). — Great Britain (Jeffreys 1869). — Denmark (Mörch 1871). — L. Belt and Kiel (Meyer & Möbius 1865). — Travemünde (Lenz 1875). — Heligoland (Heincke 1894). — Mediterranean (Carus 1889). — St. 322, 21 fms (Friele & Grieg 1901). — Behring Sea (Friele & Grieg 1901).

Coryphella pellucida (Alder & Hancock 1843).

Habitat:

Bohuslän: Gullmarn (1895) 2 sps.; D:o (Mars 1902, Lönnberg) 1 sp.; D:o (Asklund) 1 sp. — Kosterfjorden (Ljungman) 1 sp.

General distribution:

Norway: Kristianiafjorden (Asbjörnsen 1854); the west coast 10—20 fms (G. O. Sars 1878); Husö, 60 fms and littoral (Friele & Grieg 1901). — England and Scotland (Jeffreys 1869). — Mediterranean (Carus 1889).

Coryphella lineata (Lovén 1846).

Pl. III fig. 26.

Habitat:

West coast of Sweden: Halland, Laholmsbukten 15 fms, shells ($^{10}/_{7}$ 1902, Lönnberg) 1 sp. — Bohuslän: Käringön (Lovén 1834) 5 sps.; Gullmarn, Smedjebrotten (June 1901) 6 sps.; D:o (Mars 1902, Lönnberg) 1 sp.; D:o 10—40 fms, 3 sps. (Mus. G.). — Sydkoster (Aug. 1887, Asklund) 1 sp.; D:o 15 fms 1 sp. (Mus. G.);

Norway: Finmarken, Kalfjord, low water ($^{31}/_{10}$ 1861) 25 sps. — Öxfjord (Boeck) 1 sp.

General distribution:

Norway: Lofoten and the west coast 20—30 fms (G. O. Sars); Tromsö 30 fms (Krause 1895); Husö 50—60 fms (Friele & Grieg 1901). — Iceland (Johansen 1902). — British coasts (Jeffreys 1869). — France (Vayssière 1901). — Mediterranean (Carus 1889).

Coryphella gracilis (Alder & Hancock 1844[a]).

Habitat:

Bohuslän: Strömstad (Hanson, April 1892) 3 sps.; Blåbergsholmen (Aurivillius, Febr. 1895) 2 sps. — Gullmarn 30 fms ($^{29}/_{6}$ 1879) 1 sp. (Mus. G.); D:o, Gåsö 1 sp. (Mus. G.).

General distribution:

Hellebæk, Sjælland (Bergh 1875). — British coasts (Jeffreys 1869). — France (Vayssière 1901). — Mediterranean (Carus 1889).

Coryphella Landsburgi (Alder & Hancock 1846[b]).

Habitat:

Gullmarn, Bohuslän (1893) 1 sp.

General distribution:

Norway: Florö, 5—10 fms, on Laminariæ (Friele & Hansen 1876); ? Vardö, Bussesund (Bergh 1886). — England and Scotland (Jeffreys 1869). — Heligoland (Heincke 1894). — France (Vayssière 1901). — Portugal (Nobre 1905). — Mediterranean (Carus 1889).

Coryphella bostoniensis Bergh 1864.

Habitat:

Kara Sea: Leche (1878).

Iceland: 2 sps. without definite locality.

Peninsula Kola: Waidaguba, 20 fms (July 1877, Sandeberg) 3 sps.; D:o, on the shore (Sept. 1877) 1 sp. — Litza (1877) 1 sp. — Semi Ostrowa 50—55 fms (Aug. 1877) 1 sp.

Greenland: Posselt (1898) 3—100 fms, clay, stones, rocks, algæ. Further: Godthaab, 50 fms, clay (Amondsen) 1 sp. — Egedesminde (Torell) 2 sps.; D:o 10—15 fms, algæ and stones ($^{13}/_{7}$ 1870, Öberg) 1 sp. — Julianehaab, 0—25 fms, sand and algæ ($^{7}/_{6}$ 1883 Sofia Exp.) 1 sp. — The Fiord off Upernivik, 3—10 fms, sand and algæ ($^{23}/_{7}$ 1883 Sofia Exp.) 1 sp. — Sukkertoppen, 240 fms, shells and clay (July 1861, Amondsen) 1 sp.

General distribution:

Spitzbergen (Bergh 1878). — Greenland (Mörch 1857; Posselt 1898).

Coryphella Sarsi Friele 1902.

Habitat:

East Greenland: S. of Walrus Island, 80—100 m, mud and stones, 1 sp. (1900; Hägg 1905).

General distribution:

N. of East Finmarken, 300 m (Friele 1902).

Coryphella salmonacea (Couthouy 1839).

Habitat:

Kara Sea: Leche (1878).

Spitzbergen: Bel Sound, 30—35 fms, stones and Actiniæ (Torell) 1 sp. — Advent Bay, 3 fms, algæ ($^{5}/_{8}$ 1868) 1 sp. — Virgo's Harbour, Danes Island, 2—3 fms, algæ ($^{26}/_{8}$ 1898) 2 sps. — Horn's Island, 3—10 fms, algæ ($^{2}/_{8}$ 1864) 10 sps. — Smeerenberg, low water ($^{22}/_{8}$ 1868) 7 sps. — Liefde Bay, 140 m, stones and red algæ ($^{25}/_{8}$ 1898) 2 sps.; D:o 5 fms, algæ, stones and clay ($^{3}/_{9}$ 1868) 15 sps.; D:o 3—8 fms, algæ, stones and clay ($^{20}/_{8}$ 1868) 14 sps. — Lomme Bay, 10 fms ($^{29}/_{8}$ 1868) 3 sps.; D:o 5—15 fms, algæ, stones and clay ($^{10}/_{9}$ 1868) 4 sps. — Treurenberg Bay, 3 fms, stones and clay (1860) 4 sps. — Kobbe Bay, 3 fms, sand (1861) 1 sp.; D:o 1—3 fms, algæ ($^{30}/_{8}$ 1868) 1 sp. — Castrén's Islands, 3—5 fms, algæ and stones ($^{6}/_{9}$ 1868) 3 sps. — Norwegian Islands, 15—20 fms, stones and sand ($^{12}/_{8}$ 1872) 1 sp. — Brandywine Bay, 5—15 fms, stones and rocks ($^{5}/_{9}$ 1868) 1 sp. — Shoal Point 20 fms (1861) 1 sp. — Hinlopen Str. 25 fms, stones and clay, 2 sps.

Iceland: Hafsås (Torell) 1 sp.

West Greenland: Posselt (1898) 5—140(?) fms, clay, stones, algæ. Further: Frederiksdal, 15—20 fms, algæ and stones (1883) 3 sps. — Prövén, on Laminariæ, 8 sps. — 66° N. 3 miles off the coast, 30—40 fms (Torell) 1 sp. (= Cratena Olrikii in Posselt 1898).

East Greenland: Mackenzie Bay, 12—35 m, mud, 1 sp., and 3—10 m, mud and sand with Laminariæ 2 sps. (1900); the same local. 12—35 m (Mus. U.; Hägg 1905).

Davis Strait and Baffin Bay: Cape Dudley Digges, 30—45 m, mud (1894) 4 sps. — 64° 56′ N. 66° 18′ W. 15—30 m, sand (1894) 4 sps.

General distribution:

Norway: Lofoten, 20—40 fms; Aalesund (G. O. Sars 1878); Vardö, Bussesund (Bergh 1886); Tromsö 15 fms (Krause 1895). — Murman coast to 200 m; White Sea (Pfeffer 1889). — Spitzbergen (Friele & Grieg 1901). — Greenland (Mörch 1857). — Discovery Bay, Grant Land (Smith 1877). — East Canada to Cape Cod (Gould & Binney 1870). Depths 1—200 m. Clay, stones, algæ.

Coryphella verrucosa (M. Sars 1829).

Habitat:

West coast of Sweden: Skåne, Torekov, 14 ½ fms ($^{15}/_{7}$ 1902, Lönnberg) 2 sps. — Bohuslän, Gullmarn (1893) 2 sps.; D:o Lindholmen (1890, Aurivillius) 1 sp.; Kosterfjorden (Ljungman) 1 sp.

General distribution:

Kristianiafjorden to Vardö, Norway, 0—10 fms (G. O. Sars 1878); Manger, Bergen (Friele & Hansen 1876).

Coryphella Stimpsoni Verrill 1880
(incl. var. **lævidens** Knipowitsch 1902).

Habitat:

Peninsula Kola: Jokonga Bay, sand ($^{8}/_{8}$ 1877, Sandeberg) 15 sps.

General distribution:

Murman coast (Pfeffer 1889; Herzenstein 1893). — White Sea (Herzenstein 1893). — Spitzbergen: Deevie Bay (Krause 1892); Stor Fjord (var. lævidens, Knipowitsch 1903). — Massachusetts Bay to Halifax (Whiteaves 1901).

Chlamylla borealis Bergh 1886.

Distribution: 75° 49′ 8″ N. 53° 41′ W., 68 fms, 1 sp., $^{18}/_{8}$ 1881 (Bergh 1886).

Chlamylla typica (Bergh 1886).

Distribution: North Atlantic 69° 45′ 12″ N. 54° 34′ 28″ W., 31 fms, bottom temp. + 0.9° C. (Bergh 1886).

Chlamylla intermedia (Bergh 1899).

Distribution: 66° 43′ N. 55° 57′ W., 88 fms, bottom temp. + 2,6° C. (Bergh 1899).

Chlamylla atypica (Bergh 1899).

Distribution: 66° 43′ N. 55° 57′ W., 88 fms, bottom temp. + 2,6° C. (Bergh 1899).

Favorinus albus (Alder & Hancock 1844[a]).

Pl. III figs. 24—25.

Habitat:

The Baltic: Kiel (Möbius) 2 sps.

General distribution:

Norway: Sölsvig, the west coast 10—20 fms (Metzger & Meyer 1875). — Murman coast (Herzenstein 1893). — British coasts (Jeffreys 1869). — Denmark (Mörch 1871). — Kiel (Meyer & Möbius 1865). — France (Vayssière 1901). — Adriatic (Carus 1889).

Favorinus branchialis (Müller 1806).

Habitat:

Göteborg Skärgård. Långedrag, 5 feet, 2 sps.; Kvarnholmen, Bohuslän, 12 fms, 1 sp. (Mus. G.).

General distribution:

Denmark (Mörch 1871). — ? Bohuslän (Lovén 1846). — Kristianiafjorden (Asbjörnsen 1854). — Christiansund (Lilljeborg 1851). — Bergen 5—10 fms (Friele & Hansen 1876).

Facelina Drummondi (Thompson 1843).

Pl. III fig. 27.

Habitat:

The Baltic: Kiel (Möbius) 7 sps.

West coast of Sweden: Skåne, between Torekov and Arilds läge, 14 fms, shells and clay ($^4/_7$ 1902, Lönnberg) 1 sp.; Väderön, 13 $^1/_2$ fms, shells ($^{18}/_7$ 1902, Lönnberg) 1 sp.; between Skandö and Grytskär, 10 fms, Zostera ($^{19}/_7$ 1902, Lönnberg) 1 sp. — Halland, Laholmsbukten, 11 fms shells and algæ ($^{13}/_6$ 1902, Lönnberg) 1 sp. — Göteborg Skärgård 4 sps. (Mus. G.). — Bohuslän: [1]) Käringön (Lovén 1834) 7 sps.; [2]) Gullmarn, between Löken and Svenningeskär (Lovén) 1 sp.; D:o Färlefjorden, 5—20 fms (1889) 1 sp.; D:o Gåsöfjord, 20 fms (May 1895, Aurivillius) 1 sp.; D:o Gåsöfjord (Jan. 1890, Wirén) 6 sps.; D:o Gåsörännan off Smalsund ($^{10}/_8$ 1905 and $^6/_6$ 1905) 7 sps.; [3]) Stigfjorden 5 sps.; [4]) Väderöarna, 15 fms, 1 sp.; D:o 11—20 fms 3 sps.; D:o 7 fms, algæ, 1 sp.; D:o 10 fms, shells and algæ (1862) 2 sps.; [5]) Sveholmarna, Kosterrännan (Aug. 1889) 1 sp.

Norway: Kristianiafjorden (Asbjörnsen) 2 sps. — Hillevaag, Stavanger, on Zostera, 1 sp.

General distribution:

Norway: the west coast 0—10 fms (G. O. Sars 1878); Saltströmmen, 90 fms (Friele & Grieg 1901); Hvidingsö (Metzger & Meyer 1875). — British coasts (Jeffreys 1869). — Denmark (Mörch 1871). — Kiel (Meyer & Möbius 1865). — Travemünde (Lenz 1875). — Heligoland (Heincke 1894). — France (Vayssière 1901). — Portugal (Nobre 1905). — Mediterranean (Carus 1889).

Facelina coronata (Forbes 1839).

Distribution: Norway, Florö 0—10 fms (Friele & Hansen 1876). — British coasts (Jeffreys 1869). — Heligoland (Heincke 1894). — Holland (Loman 1893). — Belgium (Pelseneer 1882; Maitland 1897). — France (Vayssière 1901). — Portugal (Nobre 1905). — Mediterranean (Bergh 1877). — Bohuslän (Jeffreys 1869). — Denmark (Mörch 1871).

Facelina auriculata (Müller 1806).

Distribution: Norway: Stat (Müller 1806); Manger 0—10 fms (Friele & Hansen 1876).

Fiona marina (Forskål 1775).

Habitat:

Bohuslän: Kristineberg, Gullmarn ($^{22}/_{7}$ 1887, Asklund) 2 sps. »taken from the body of a ship arrived from the Mediterranean $^{15}/_{7}$ 1887».

General distribution:

British coast (Jeffreys 1869). — France (Vayssière 1901). — Mediterranean (Carus 1889). — Off Morocco (Bergh 1899). — Massachusetts (Verrill 1882). — Pigeon Bay, Pacific (Bergh 1900). — ?Japan (Bergh 1877).

Antiopa cristata (Delle Chiaje 1841).

Habitat:

Bohuslän: Gullmarn, Flatholmen (Aug. 1891, Carlgren) 1 sp.; D:o Kristineberg (1885) 1 sp.

General distribution:

Norway: Tananger (G. O. Sars 1878). — British coast (Jeffreys 1869). — France (Vayssière 1901). — Mediterranean and Adriatic (Carus 1889).

Hero formosa (Lovén 1844).

Pl. III figs. 30—32.

Habitat:

West coast of Sweden: Gullmarn (Lovén) c. 30 sps.; D:o 40—45 fms (July 1903) 1 sp.; D:o Gåsöfjord, clay (Jan. 1890, Wirén) 3 sps.; D:o Smedjebrotten, 18 fms,

sand and rocks (Wirén) 1 sp. — Koster (Aug. 1883, Aurivillius) 2 sps.; Sydkoster (1887, Asklund) 1 sp.

General distribution:

Norway: Lofoten 15—100 fms (G. O. Sars 1878); Tromsö (Schneider 1894) and the west coast, 150 fms (Grieg 1896[a]); Kristianiafjorden (M. Sars 1870). — England and Scotland (Jeffreys 1869). — Kullen, Sweden (Lilljeborg 1851). — Denmark, Hornbæk (Mörch 1871).

Doto coronata (Gmelin 1783).

Pl. II figs. 23—24.

Habitat:

Bohuslän: Gullmarn 5 sps.; D:o, red algæ (Aug. 1887, Asklund) 2 sps.; D:o, algæ (Febr. 1895, Aurivillius) 3 sps.; D:o (1888, Lönnberg) 4 sps.; D:o Flatholmsrännan (Jan. 1890, Aurivillius) 1 sp.; D:o Flatholmen (Aug. 1887, Asklund) 10 sps.; D:o Flatholmen on a Holothuria intestinalis ($^{8}/_{7}$ 1900) 1 sp. — D:o Gåsö 12 fms 1 sp. (Mus. G.); D:o Löken 20—25 fms, 2 sps. (Mus. G.). — Kosterfjorden (June 1880, Hanson) 5 sps.

Norway: 20 sps. without definite locality. — Grötsund, Finmarken ($^{24}/_{10}$ 1861, Goës) 1 sp.

Peninsula Kola: Waidaguba 20 fms (July 1877, Sandeberg) 1 sp.

General distribution:

Norway: the south and west coast to Finmarken 0—10 fms (G. O. Sars 1878); Saltströmmen 90 fms (Friele & Grieg 1901); Kristianiafjorden (Asbjörnsen 1854). — British coasts (Jeffreys 1869). — Kattegatt (Mörch 1871) — Heligoland (Heincke 1894). — Holland and Belgium (Maitland 1897). — France (Vayssière 1901). — Portugal (Nobre 1905). — Mediterranean and Adriatic (Carus 1889). — Grand Manan, Maine, N. America (Whiteaves 1901).

Doto fragilis (Forbes 1838).

Pl. III figs. 33—34.

Habitat:

Bohuslän: Gullmarn, Humlesäcken (July 1887, Asklund) 2 sps.; D:o Gåsörännan (Aug. 1894) 1 sp.; D:o Skårberget 20—50 fms ($^{29}/_{4}$ 1895, Aurivillius) 1 sp.; D:o 25 fms, 1 sp. (Mus. G.). — Väderöarna (Lovén) 2 sps.

General distribution:

Norway: Kristianiafjorden, 20 fms (M. Sars 1870). — British coasts (Jeffreys 1869). — Heligoland (Heincke 1894). — Holland and Belgium (Maitland 1897). — France (Vayssière 1901). — Adriatic (Carus 1889).

Doto crassicornis M. Sars 1870.

Habitat:

Bohuslän: Kosterfjorden 20—40 fms (July 1895, Aurivillius) 1 sp.

General distribution:

Norway, Dröbak, 50—60 fms (M. Sars 1870). — Bergen, 100 fms (Friele 1876)

Pleurophyllidia Lovéni Bergh 1860.

Pl. II figs. 21—22.

Habitat:

West coast of Sweden: Skåne, Skelderviken, 13 fms, clay and shells (July 1878, Théel & Trybom) 1 sp.; between Kullen and Vinga skär, 14 1/2 fms, clay (15/7 1902, Lönnberg) 3 sps.; E. of Väderön, 14 fms, clay and shells (4/7 1902 Lönnberg) 1 sp.; Mölle läge, Kullen (Lovén 1832) 1 sp.; D:o 1 sp. (Mus. U.; Lilljeborg 1854). — Bohuslän: [1]) Gullmarn (Lovén) 1 sp.; D:o 22—24 fms, 2 sps. (Mus. G.); D:o (1895 and July 1898) 1 and 3 sps.; D:o outside Långegaps ände, 32 m, mud (Aug. 1902) 1 sp.; D:o, Bökevik, 16 fms (Lovén) 1 sp.; [2]) Dyngö, Fjällbacka, 15 fms, clay (Goës) 2 sps.

General distribution:

Norway: Kristianiafjorden, 10—15 fms (Asbjörnsen 1854). — Zealand, Denmark (Mörch 1871). — British coasts (Jeffreys 1869). — Depths 7—40 fms.

Pleuroleura Walteri Krause 1892.

Habitat:

Spitzbergen: Waygat Islands 72° 20′ N. 19° E., 30 fms rocks (16/8 1861, Malmgren) 1 sp. (L. = 23 mm.).

East Greenland: Mackenzie Bay 100 m, mud, 2 sps. (1900; Hägg 1905).

General distribution:

Spitzbergen, 55 fms (Krause 1892); D:o 23 fms (Knipowitsch 1902).

Hermæa bifida (Montagu 1815).

Pl. III fig. 29.

Specimen lost.

Distribution: Bohuslän, algæ (Lovén 1846). — British coasts (Jeffreys 1869). — France (Vayssière 1891). — Portugal (Nobre 1905). — Mediterranean (Carus 1889).

Hermæa dendritica (Alder & Hancock 1843).

Pl. III fig. 28.

Specimen lost.

Distribution: Bohuslän, algæ (Lovén 1846). — Norway, the west coast; Kristianiafjorden (G. O. Sars 1878); Husö, littoral (Friele & Grieg 1901). — British coasts (Jeffreys 1869). — France (Vayssière 1901). — Mediterranean and Adriatic (Carus 1889).

Stiliger Mariæ (Meyer & Möbius 1865).

Habitat:

Gullmarn (Lovén) 2 sps. (determined by Lovén as Tergipes bullifer); D:o Gåsö 2 sps. (Mus. G.).

General distribution:

Kullen (Lovén 1846, Tergipes bullifer). — Kiel (Meyer & Möbius 1865). — Norway: Tananger (G. O. Sars 1878). — Triest, Adriatic (Bergh 1885).

Alderia modesta (Lovén 1844).

Pl. II fig. 25.

Habitat:

The Baltic: Malmö, the harbour, 7—8 fms, among Zostera and algæ (Aug. 1864, Smitt) 1 sp. — Skelderviken 1 sp. (Mus. U.).

Bohuslän: Käringön (Lovén 1834) 1 sp.

General distribution:

Finland, Helsingfors, in a shore-lagoon (Luther 1902). — Norway: Trondhjemfjorden (Norman 1893). — British coasts; Antwerpen (Jeffreys 1869). In shallow salt or brackish water and shore-lagoons.

Elysia viridis (Montagu 1804).

Pl. II figs. 26—27.

Habitat:

The Baltic: Kiel (Möbius) 1 sp.

West coast of Sweden: Gullmarn (Lovén) 1 sp.; D:o (1893) 2 sps.; D:o Smalsund among Zostera (Aug. 1887) 10 sps.; D:o Gåsö 4 sps. and Långedrag, Göteborg Skärgård 2 sps. (Mus. G.). — Koster 100 m (July 1890) 1 sp.

General distribution:

Norway: the west and south coast, 10 fms (G. O. Sars 1878). — Finmarken (Lovén 1846). — British coasts (Jeffreys 1869). — Denmark (Mörch 1871). — Kiel

(Meyer & Möbius 1865). — Heligoland (Heincke 1894). — France (Vayssière 1901). — Portugal (Nobre 1905). — Mediterranean, Adriatic and Aegean (Carus 1889).

var. **minuta** M. Sars 1835.

Distribution: Bergen; Christiansund (M. Sars 1835); Finmarken (Lovén 1846). (Bergh 1872 b.)

Limapontia capitata (Müller 1776).

Habitat:

The Baltic: Kiel (Möbius) 1 sp. — Göteborg Skärgård, 4 sps. (Mus. G.).
Norway: Finmarken (Lovén) 3 sps.

General distribution:

Finland, Helsingfors (Levander 1899). — Stockholm Skärgård; Gotland (Lindström 1868). — Kiel (Meyer & Möbius 1865). — Kullen; Norway (Lovén 1846). — Bornholm (Möbius 1873). — Denmark (Mörch 1871). — Norway: the whole coast to 10 fms (G. O. Sars 1878). — Murman coast (Pfeffer 1889). — Vadsö (Norman 1902). — British coasts (Jeffreys 1869). — Heligoland (Heincke 1894). — Holland and Belgium (Maitland 1897). — France (Vayssière 1901). — Portugal (Nobre 1905).

var. **islandica** Steenstrup 1868.

Distribution: Iceland (Mörch 1868; Bergh 1873).

Actæonia corrugata Alder & Hancock 1848.

Habitat:

Bohuslän: Kungshufvud, Strömstad, among Confervæ (Sept. 1902, Hanson) 1 sp.

General distribution:

Norway: the west coast 0—10 fms (G. O. Sars 1878); Bukken, Bergen (Grieg 1896); Husö, littoral (Friele & Grieg 1901). — British coasts (Jeffreys 1869). — France (Vayssière 1901).

Limacina helicina (Phipps 1774).

Habitat:

White Sea: Solowetskij Island (1892, Knipowitsch) 3 sps.
Kara Sea: Leche (1878).
Bear Island: 15—20 fms, algæ ($^{24}/_{7}$ 1870) 3 sps.; N. E. of Bear Island 75° N. 14° E., 2—3 fms, 3 sps.

Spitzbergen: Recherche Bay ($^{5}/_{7}$ 1898) 5 sps. — Ice Fjord (Lovén 1837) 30 sps.; Advent Bay »at the shore, in the surface» ($^{5}/_{8}$ 1868) c. 50 sps.; Cape Thordsen ($^{11}/_{8}$ 1870, Villander) c. 30 sps. — Virgo's Harbour, Danes Island (1898) 5 sps. — Smeerenberg (1868) 4 sps. — 80° N. 13° E., 3—4 fms ($^{1}/_{6}$ 1861) 30—40 sps. — 80° 21′ N. 18° E., 1—3 fms ($^{19}/_{7}$ 1861) 100 sps. — Hinlopen Strait »close by the glacier S. of Lovén's Mount (none farther off)» ($^{15}/_{8}$ 1861) c. 20 sps. — Waigat Islands (1883) 10 sps. — Brandywine Bay, 8—15 fms ($^{5}/_{9}$ 1868) 3 sps. — Swedish Foreland, King Charles' Land, temp. + 1° C. ($^{6}/_{8}$ 1898) 7 sps. — Stor Fjord ($^{22}/_{8}$ 1864) 50 sps. — Whalers Point ($^{9}/_{8}$ 1864) c. 25 sps.

Spitzbergen—Greenland: 78° N. 2° 27′ W., in the ice ($^{23}/_{9}$ 1861) 2 sps. — 78° 27′ N. 15° 23′ W. (1861) 15 sps.

West Greenland: Pröven (1883) 30 sps. — Umanak ($^{22}/_{8}$ 1860, Amondsen) 3 sps. — Godthaab 63° 45′ N. 52° 5′ W. (1871) 5 sps. — 64° 20′ N. 54° W. (1860, Amondsen) 5 sps. (together with Spirialis balea). — 68° 20′ N. 56° 40′ W. (1871) 50 sps. — Ritenbenk (1883) 10 sps.

East Greenland: Franz-Joseph Fiord 11 sps. (1900); D:o numerous sps. (Mus. U.; Hägg 1905).

Baffin Bay: 30 miles E. of Cape Bowen (1894) numerous sps. — 71° 57′ N. 73° 56′ W. (1894) 30 sps. — 72° 50′ N. 75° 43′ W. (1894) 5 sps. — 72° 5′ N. 59° 31′ W. numerous sps. (Mus. U.).

North Atlantic: 59° 46′ N. 36° 40′ W. (1871) c. 70 sps.

General distribution:

Norway: Finmarken (G. O. Sars 1878); Vadsö (Norman 1902). — White Sea (Herzenstein 1893). — Iceland (Pelseneer 1887). — Gulf of Biscay and Mediterranean (Friele & Grieg 1901). — Spitzbergen (Mörch 1869). — Labrador (Dall 1886*). — Davis Strait (Pelseneer 1888). — Baffin Bay (Leach 1819). — Alaska, Aleutian Islands and Pacific (Pelseneer 1888).

Spirialis balea (Möller 1841).

Habitat:

Norway: Karlsö N. of Tromsö, 15—20 fms, sand, stones (Malmgren 1861) 2 sps.; Hammerfest (Lovén 1837) 20 sps.

Bear Island: 74° 27′ N. 15° 23′ E. (1861) 10 sps. — 75° N. 14° E., 2—3 fms, 1 sp.

North Atlantic: 59° 46′ N. 36° 40′ W., temp. in the surface + 6,2° C. (Lindahl 1871) 3 sps. — 59° 42′ N. 10° 22′ W. (1866, Amondsen) c. 10 sps. — 58° 58′ N. 25° 45′ W., c. 80 sps. — 57° 10′ N. 31° 9′ W. (1866, Amondsen) 15 sps. — 58° 51′ N. 34° 14′ W. (1862, Amondsen) numerous sps. — 58° 56′ N. 35° 45′ W. (Torell) numerous sps. — 57° 46′ N. 39° 32′ W. (1862, Amondsen) numerous sps. — 55° 4′ N. 44° 40′ W. (1862, Amondsen) numerous sps.

General distribution:

Norway: Vadsö (Norman 1902); Lofoten S. to Christiansund (G. O. Sars 1878). — Iceland (Mörch 1868). — Greenland (G. O. Sars 1878, Posselt 1898). — East coast of N. America (G. O. Sars 1878).

Spirialis retroversus (Fleming 1823).

Habitat:

Skagerrack off the coast of Bohuslän (Dec. 1904, Kaudern) numerous young sps.; Bohuslän: Soteskär (Aug. 1886, Munthe) 10 sps.; Strömstadsfjorden, 1 m ($^{12}/_{4}$ 1892, Hanson) 100 young sps.; N. E. of Käbblingarne ($^{27}/_{3}$ 1890) 10 young sps.; Gullmarn, from the stomach of herings ($^{13}/_{11}$ 1893, Aurivillius) 10 young sps.

The North Sea: 57° 29′ N. 6° 43′ E. (Kinberg) numerous sps.

Norway: Kristianiafjorden (M. Sars) 20 sps. — Sörvær (July 1884) 10 sps.

General distribution:

Norway: Lofoten—Kristianiafjorden (G. O. Sars 1878); Trondhjemsfjorden (Norman 1893). — West european coast, Mediterranean and Canaries (G. O. Sars 1878). — America from Massachusetts Bay to Davis Strait; Iceland (Pelseneer 1888). — Greenland: Cape Farvel (Ostenfeld & Paulsen 1904).

Clio pyramidata Browne 1756.

Habitat:

North Atlantic: 55° 54′ N. 17° 57′ W. (1871) c. 35 sps. — 55° 23′ N. 11° 24′ W. (Amondsen) 6 sps. — 59° 10′ N. 11° 56′ W. (1861, Amondsen) c. 25 sps.

General distribution:

West coast of Norway (G. O. Sars 1878). — Faroe Islands (Mörch 1867). — Iceland (Mörch 1868). — Greenland and Davis Strait (Posselt 1898). — Atlantic from Iceland and Spitzbergen to 40° S.; Mediterranean; Indian Ocean from the Gulf of Bengal to 40° S.; Africa; Australia; Pacific Ocean: Japan, Yellow Sea, China Sea, Malay Archipelago, Eastern Australia to 40° S.; N. E. Pacific to 44° N.; S. E. Pacific to 27° S. (Pelseneer 1888).

Cavolinia trispinosa (Lesueur 1821).

Distribution: Atlantic from 60° 15′ N. (Triton Exp.) to 40° S.; Indian Ocean from the Gulf of Bengal to 41° S.; Africa; Australia; Pacific Ocean: Yellow Sea, China Sea, S. W. Pacific; N. E. Pacific to 30° N. (Pelseneer 1888).

Clione limacina (Phipps 1774).

Habitat:

West coast of Sweden: Fiskebäckskil, Bohuslän »after strong wind in Mars 1863» (Jacobsen) numerous sps.; Strömstadsfjorden (1876, Aurivillius) 4 sps.

Norway: Hammerfest (Lovén 1837) numerous sps.

White Sea: Solowetskij Island (1892, Knipowitsch) 4 sps. — D:o (1895, Rimskij-Korsakow) 2 sps.

Kara Sea: Leche (1878).

North of Siberia: Cape Tscheljuskin 77° 36′ N. 103° 25′ E., 5—10 fms, stones and clay (Vega Exp. 1878) 1 sp.

Bear Island: 6 sps. ($^{25}/_{7}$ 1868). — 72° 27′ N. 15° 25′ E. ($^{14}/_{5}$ 1861) 1 sp. — 75° 12′ N. 12° 7′ E. 1 sp.

Spitzbergen: Horn Sound, 3—10 fms, algæ, 1 sp. — Bel Sound (Torell) 15 sps. — Recherche Bay ($^{2}/_{7}$ 1898) 1 sp. — Ice Fjord, the surface ($^{26}/_{8}$ 1868) 9 sps. — Green Harbour, 5—20 fms, clay and algæ ($^{31}/_{7}$ 1868) 1 sp. — Advent Bay, at the shores ($^{5}/_{8}$ 1868) 12 sps. — Magdalena Bay, 10 fms, clay, mixed with sand (July 1861) 3 sps. — Smeerenberg 79° 40′ N. 11° E., 20 fms, sand and stones ($^{30}/_{8}$ 1861) 16 sps. — Virgo's Harbour, Danes Island ($^{27}/_{8}$ 1898) 5 sps. — Wijde Bay (July 1861) 7 sps. — Liefde Bay ($^{29}/_{8}$ 1868) 3 sps.; D:o 10 fms, algæ, clay and stones ($^{2}/_{9}$ 1868) 1 sp.; D:o 79° 30′ N. 13° 30′ E. ($^{15}/_{5}$ 1861) 1 sp. — Waygat Islands ($^{15}/_{8}$ 1861) 1 sp. — Red Bay in a lagoon of brackish water (Aug. 1861) 1 sp. — Stor Fjord, 5—10 fms ($^{22}/_{8}$ 1864) 3 sps.; D:o 77° 30′ N. ($^{27}/_{8}$ 1864) 5 sps.

East Greenland: 80° 31′ N. 18° W., 1—3 fms ($^{19}/_{7}$ 1861) 1 sp. — 76° 20′ N. 0° E, 3 sps. (1900). — 5 other local. between Greenland and Spitzbergen (Mus. U.; Hägg 1905).

North Atlantic: 59° 42′ N. 10° 42′ W. ($^{20}/_{5}$ 1866, Amondsen) 2 sps. — 59° 10′ N. 11° 58′ W. (1861, Amondsen) 10 sps. — 58°—60° N. 35°—40° W. (Torell) c. 45 sps. — 58° 4′ N. 44° 40′ W. (June 1862, Amondsen) c. 20 sps. — 59° 15′ N. 50° 45′ W. (June 1862, Amondsen) 2 sps. — 59° 49′ N. 52° 57′ W. (Amondsen) 4 sps.

Davis Strait: in the mouth of the Strait ($^{1}/_{8}$ 1859, Torell) 20 sps. — 60° 38′ N. 56° 20′ W. ($^{26}/_{6}$ 1861, Amondsen) 18 sps. — 64° 50′ N. (July 1861, Amondsen) 2 sps.

West coast of Greenland: Godhavn, 5—15 fms, rocks with algæ (1871) 2 sps.; D:o 69° 14′ N. 53° 38′ W. (1883) 1 sp. — Fortuna Bay, Disko, 20 fms, clay (1870) 2 sps. — Egedesminde (1870) 1 sp. — Ritenbenk (1883) 2 sps.

Baffin Bay: 70° 40′ N. 54° 32′ W. (1894) 10 sps. — 71° N. 53° 56′ W. (1871) c. 20 sps. — 71° 10′ N. 58° 56′ W. (1871) 10 sps. — 72° 44′ N. 73° 20′ W. (1894) c. 20 sps. — 73° N. 70° W., clear green water with Crustacea (1894) 10 sps. — 73°—74° N. c. 70° W. (1894) c. 20 sps.

General distribution:

Little Belt (Friele & Grieg 1901). — Bohuslän and west coast of Norway (Nordgaard 1905). — Lofoten and Finmarken (G. O. Sars 1878). — Vadsö (Norman 1902).

— Murman coast (Herzenstein 1893). — White Sea (Wagner 1885). — Jan Mayen (Friele 1879). — Spitzbergen (Mörch 1869; Knipowitsch 1901, 1902). — Iceland (Mörch 1868). — Faroe Islands (Mörch 1867). — British coasts (Jeffreys 1869). — New York to East Canada; Davis Strait; Baffin Bay (Whiteaves 1901). — Behring Strait and Sea; Aleutian Islands (Krause 1885).

Description of the new forms.

Diaphana hyalina TURTON var. *spirata* n. n.

Shell hyaline, distinctly umbilicated and with a few lines of growth as in the type; whorls $2^1/_2$, the first elevated, globular; outer lip a little inflexed above the middle and narrowly rounded at the top; columella with a distinct sinus. L. 3 mm. Br. 2 mm.

This form corresponds to D. debilis Gould of Pilsbry 1893, which consists of $2^1/_2$ whorls and has the spire mamillarly projecting. D. (Bulla) debilis is however described by Gould (1840) as having the apex obtuse and the whorls 5, and is the same as Turton's D. (Bulla) hyalina (1834). Pilsbry supposes this latter name to be a synonym of Brown's D. (Utriculus) minuta (1844), but that cannot be correct, for D. minuta has the »outer lip extending higher than the apex».

Diaphana glacialis n. sp.

Pl. I figs. 1—5.

Shell hyaline with a light yellowish brown cuticula, distinctly umbilicated and with spiral sculpture consisting of a few slightly elevated lines. Whorls 3, the first mamillar; some of the specimens have the apex twisted in a different plane from that of the following whorls. Outer lip uniformly rounded below, nearly straight in the middle and, upwards, forming a broad sinus and a deep slit before the junction with the body-whorl. Columellar margin slightly sinuous, continued upwards by a thin callus. L. 4 mm. Br. 3 mm.

Radula similar to that of D. hyalina; the central teeth lamelliform with erected posterior margin and a little thickened in the anterior and lateral parts. The lateral teeth of opposite sides a little differing in size.

Goniœolis lobata n. sp.

Pl. I figs. 10—13, text-fig. 1.

Body of a yellowish white colour, 16 mm. in length, rather high (5 mm.), broadest in front ($7^1/_2$ mm.), tapering and strongly declining backwards. The back flattened,

its sides covered with papillæ, most of which have fallen off in the present specimens, their marks sparsely set in approximately obliquely transverse rows. The lateral parts of the back slightly tubercled by the underlying liver; the median compartment finely granulate.

The rhinophores stout, of stretched-conical form, blunt-topped and granulate, situated in the anterior margin of the back; their length 3 mm.

The anterior right angle of the body is furnished with a small cutaneous lobe, which sends out a low hem, the rudimentary mantle-margin(?), backwards. Behind the middle (c. 10 mm. from the front) of the body there projects a larger leaf-like lobe, which is finely granulate on its upper face, and shows a few minute branched veins on the under side. On the left side of the body these appendages are wanting.

Head strongly declining, produced at the sides into narrow triangular lobes, the upper margins of which start as low hems from the outside of the rhinophorial bases. Their under margins are coalesced with the foot. Close by this margin runs a swelling, which unites, under the mouth, with a similar one on the opposite side.

On the right side there appears the genital aperture with the glans penis, which is arched, flattened at the concave side, and unarmed. Farther back is situated the anus, and, close by it to the right, porus renalis.

Foot broad (5 mm.), rounded in front, with membrane-shaped side-margins, finely granulate on the upper side; the posterior end broadly rounded.

Buccal organ lengthened (3,5 mm. in length, 1,5 mm. in breadth, 2 mm. in height), strongly convex above, concave below. The lips very muscular and prominent, the labial disc dilated in breadth and armed with radiating strips.

Jaws lateral, 2,5 mm. in length, $1\,^1/_3$ mm. in height, with convex upper margin and concave under side, which forms a sharp angle with the anterior one in front. Mandibular process wanting.

Radula $1 \cdot 1 \cdot 1$, with 41 rows; the lam. lat. very thin and light yellow, consisting of a rectangular base and a triangular spine, which is denticulated in the inner margin. The lam. med. are high (0,2 mm.), strong and of a dark-brownish colour with a broad median spine and below that a short blunt tubercle on each side. The basal plate is quadrangular with rounded corners and is concave in the front to make up for the tooth before it. Its under side has a transverse elevation.

The bad state of preservation the specimens were in did not permit of a very careful examination of the inner anatomy.

From the bulbus pharyngeus emerges the slender oesophagus, in which opens immediately a pair of lengthened salivary glands. The oesophagus widens to the stomach, from the right side of which the intestine leads in a curve to the anus.

The liver (fig. 1 *l*) fills the dorsal side of the posterior part of the body and sends out along each side to the rhinophores an anterior diverticle, the right one being the larger of the two. It is divided up into a great number of small lobes, which do not enter into the papillæ. The primary and secondary parts of the liver have each a special ductus; the former open out into the posterior angle of the stomach at the left side of the body, the latter farther forward.

The papillæ (fig. 1 *p*) consist wholly of connective tissue (*c*) and do not contain any cnidocysts.

The heart lies in the anterior third of the back to the right of the stomach and a little to the right of the median line.

On the nervous system there was no mark of eyes to be seen.

The hermaphrodite gland occupies the lower part of the tail and consists of minute rounded lobes, in the periphery of which the eggs are produced, while the centre is filled with the spermatoblasts. The ductus hermaphrodisiacus starts from its under side, runs forward and forms an ampulla, consisting of numerous gyri. To the vagina there belongs only one receptaculum seminis.

This new and peculiar species shows the essential characters of G. typica M. Sars, which was described in detail by G. O. Sars in 1872. It differs from that species only in possessing cutaneous lobes on the right side, in having granulate rhinophores and denticulated laterals of the radula. On the other hand it differs considerably from the G. typica, described by Bergh in 1886, which is not identical with Sars' species, owing to its possessing the following characters: it has the side-lobes of the head rather small and not united to the foot; the anus is situated far behind the middle of the right side; the lips are not projecting; the jaws are furnished with a denticulated process, and the teeth of the radula are serrated (lam. med. with 9 denticles on each side). The liver, furthermore, is enclosed in the papillæ. These differences were observed by Bergh, but he supposes that Sars' examination may have been imperfect and that it may be possible to identify the species.

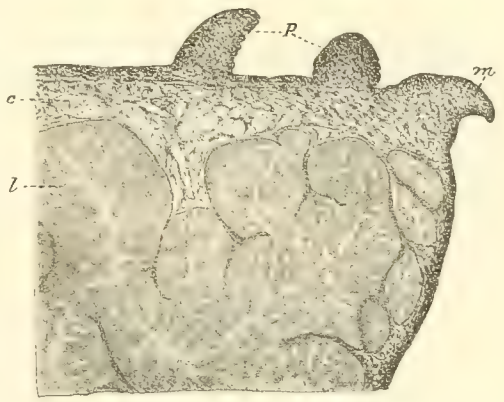


Fig. 1. Transversal section through a part of the body of Goniæolis lobata (cf. Plate I fig. 10). *p* papillæ, *m* mantle-margin, *c* connective tissue, *l* liver. $\frac{35}{1}$.

It is consequently evident that Bergh's species is a different one from M. Sars', and the differences are so important, that the species must also be allotted to different genera. Goniæolis in Bergh 1886 and 1899 shows such points of agreement with Chlamylla Bergh 1886, that the two genera have here been united under the last name.

Goniæolis of M. Sars 1861, on the contrary, owing to the structure of the liver and the papillæ, must be placed in a separate family, Goniæolididæ, belonging to the group Tritonoidea.

Archidoris nobilis Lovén in manuscript.

Pl. I figs. 14—18.

Body oblong-ovate, convex and rough with close-set small conical papillæ. The middle of the back furnished with 3 longitudinal series of larger tubercles, made up

of smaller ones. Gills 8, tripinnate, in a circle before the anus, retractile. Rhinophorial apertures slightly granulate on the margin. Oral tentacles tuberculiform, shortly acuminate, on the sides of the head. Foot rounded in front, with distinct transversal furrow but without median incision; the posterior end scarcely overtopping the mantle. Penis cylindrical, lengthened, unarmed. Colour rosy white, yellowish towards the margin; the gills lemon-coloured. L. 50 mm. Br. 25 mm.

Radula $\infty \cdot 0 \cdot \infty$; the teeth uniform, compressed from the sides, with produced arched spine, and inserted in the basal membrane with a thin edge. The smallest ones situated furthest in and furthest out in the rows. The longest about 0,3 mm. in length.

Issa villosa n. sp.

Pl. I fig. 21.

Body as in I. lacera, but the papillæ very numerous (in the dorsal margin about 40—50 on each side) and set in about 6 indistinct rows on the back; their length varying, the longest about 5 mm. Gills 5, bipinnate (in one specimen 7). The posterior end of the foot, which extends beyond the mantle, is rather long, about $^1/_6$ of the body. L. of the animal up to 48 mm. Colour yellowish white.

Radula similar to that of I. lacera, $5 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 5$; but the base of the largest laterals is nearly quadrangular.

Doridunculus pentabranchus n. sp.

Pl. I figs. 22—23.

Body 13 mm. in length, depressed, of a pale yellowish colour (in alcohol). Mantle ovate, 7 mm. broad, extending far over the sides of the body, slightly bilobed behind and covered all over with acute-conical papillæ of varying size. The crests, 6 mm. in length, beginning a little before the rhinophorial apertures and running backwards, parallel to each other, to the sides of the gills. The under surface of the mantle furnished with radiating ribs. Gills 5, small, simply pinnate, in a semicircle before the anus; on the inner side of the hinder ones two minute papillæ (undeveloped gills?). The foot narrow (3 mm.), its posterior end extending far (4 mm.) beyond the mantle, covered with papillæ and furnished with a median crest which unites to the posterior pallial margin. The rhinophorial apertures wide, without sheaths; the clubs of the rhinophores laminated. The oral tentacles represented by broad side-lobes of the head. Porus genitalis lateral, just below the base of the mantle, about 4 mm. from its anterior margin. Colour yellowish brown.

Radula $5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 5$; the teeth with a quadrangular base and a projecting spine; the inner laterals with 2—3 denticles on each side of the median spine; the second laterals (from the rhachis) with a stronger spine and 2—3 denticles on its outer side; the rest of the laterals without denticles.

Idalia pulchella Alder & Hancock var. *fusca* n. n.

Pl. II fig. 19.

Mantle broad as in the type, but the appendages 6 on each side, simple and of uniform length; gills 10; colour dark-brownish, lighter on the sides. L. 13 mm.

Lovén describes this form (1846) under the name of I. cirrigera Phil. Both the number of the gills and the breadth of the mantle as well as the form of the radula, which is reproduced by Lovén in 1847, show confirmity to I. pulchella. Alder & Hancock (1855) supposed it to be a variety of I. aspersa.

Cumanotus[1] *laticeps* n. sp.

Text-figs. 2—4.

Body of a whitish colour, elongated, rather broad, especially in front. Measurements of the largest specimen: length 13 mm.; breadth over the back (behind the rhinophores) 4 mm., breadth of the foot 6 mm., of the head 5 mm.; height 4 mm.; length of the rhinophores 4,5 mm.

The three remaining specimens varied in length from 9,5 to 12 mm.

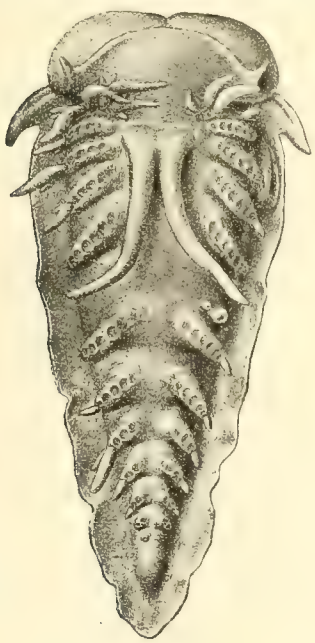


Fig. 2.

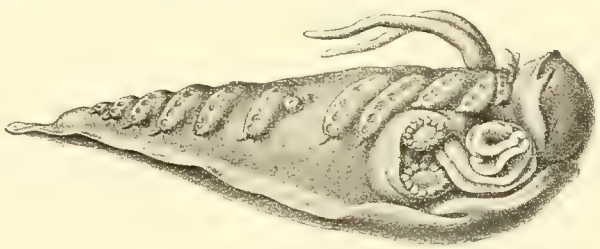


Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 2. Cumanotus laticeps n. sp. from the back. $\frac{6}{1}$.

Fig. 3. The same from the right; penis stretched out; female genital aperture furnished with a bursa copulatrix and a pair of circular aculeated cushions. $\frac{8}{1}$.

Fig. 4. Radula of the same; the laterals turned inwards and their dentition showing through from the under side.

[1] From κῦμα = wave and νῶτον = back.

Head with the sides considerably expanded and appearing as somewhat inflated. Oral tentacles very small, papilla-shaped, connected by a low transverse cutaneous fold, running in a curve across the head.

Rhinophores smooth, very long and slender, united at the base.

Papillæ set on 12—13 obliquely-transverse ridges, one row on each ridge, the foremost situated in front of the rhinophores, the largest containing about 8 or 9 papillæ. Between the 6th and 7th ridges there is a larger interspace for the latero-dorsal anus, which is situated close in front of the 7th ridge.

Penis furrow-shaped, of uniform breadth, unarmed.

The female genital aperture is dilated to a bursa copulatrix, the upper and lower margin of which is armed with a circular cushion, furnished on the periphery with 12 small hooks.

Bulbus pharyngeus short and broad, its inferior margin longer than the superior, both convex; the posterior part concave. The lips only a little projecting.

Mandibulæ with one row of bicuspidate or tricuspidate denticles on the anterior margin; the processes short, nearly smooth.

Radula 1·1·1 with about 17 rows; the sides of the median teeth and the inner margins of the lateral ones are armed with about 20 rather strong denticles. Colour of the teeth pale yellowish brown.

List of Works referred to.

1756. Browne: The Civil and Natural History of Jamaica. London.
1758. Linné: Systema Naturæ X. Holmiæ
1766. » » » XII. »
1772. Ascanius, K. Sv. Vet.-Akad. Handl. Stockholm.
1774. » K. Norske Vid. Selsk. Skr. Vol. V. Kjöbenhavn.
1774. Phipps: A Voyage towards the North Pole. London.
1775. Forskål: Descriptiones animalium. Havniæ.
1776. Müller: Zoologiæ Danicæ Prodromus. Havniæ.
1777. Pennant: Brit. Zool. IV. London.
1780. Fabricius: Fauna groenlandica. Havniæ & Lipsiæ.
1780. Pallas: Spicilegia Zoologica X. Berolini.
1783. Gmelin: Linnéi Systema Naturæ. Lipsiæ.
1791. Abildgaard, Skrivter af Nat. Hist. Selsk. Bd. I. Kjöbenhavn.
1792. Bruguière: Encyclopédie Méthodique. Versailles.
1799. Rathke, Skrivter af Nat. Hist. Selsk. Bd. V. Kjöbenhavn.
1802. Cuvier: Mémoires; in: Ann. du Muséum d'Hist. Nat. I. Paris.
1803. » » » » » » » » II. »
1803. Montagu; Test. Brit. I. London.
1804. Cuvier: Mémoires; in: Ann. du Muséum d'Hist. Nat. V. Paris.
1804. Montagu, Trans. Linn. Soc. VII. London.
1806. Müller: Zoologia Danica. Vol. IV. Havniæ.
1806. Abildgaard, in the preceding work.
1806. Vahl, in the preceding work.
1808. Montagu, Trans. Linn. Soc. IX. London.
1810. Montfort: Conch. Syst. et class. méth. de Coquilles. Paris.
1810. Péron & Lesueur, Ann. Mus. Nat. Hist. Paris XV.
1812. Risso, Journ. de Physique Vol. LXXXVII. Paris 1818.
1814. Brocchi: Conchiologia Fossile Subapennina. Milano.
1815. Montagu, Trans. Linn. Soc. XI. London.
1815. Oken: Lehrbuch der Naturgeschichte. Jena.
1816. Meckel, in Stammer: Observationes ex anatomia comparata (fide Bergh 1866).
1817. Cuvier: Règne animal. Paris.
1818. Risso, Journ. de Physique. Vol. LXXXVII. Paris.
1819. Leach, Annales of Philosophy. Vol. XIV. London.
1819. Rafinesque, Journ. de Physique. Vol. LXXXIX. Paris.
1821. Lesueur in Blainville: Dict. de Sci. Nat. XXII. Paris.
1823. Fleming, Mem. Wern. Nat. Hist. Soc. Vol. IV. Edinburgh.
1826. Risso: Hist. Nat. des princ. Prod. de l'Europe Mérid. IV. Paris.
1827. Brown: Illustr. Conch. Gr. Brit. Edit. I. Edinburgh.
1828. Clark, Zool. Journ. III. London.
1828. Fleming: A History of British Animals. Edinburgh.
1828. Leach, in the preceding work.

1828. LEUCKART: Breves Anim. quor. Descriptiones. Heidelbergæ.
1829. M. SARS: Bidrag til Södyrenes Historie. Bergen.
1831. EHRENBERG: Animalia Evertebrata, exclusis insectis. Berolini.
1832. JOHNSTON, Loudon's Mag. Nat. Hist. V. London.
1833. BROWN: Conchologist's Text-Book. I. London.
1834. TURTON. Loudon's Mag. Nat. Hist. VII. London.
1835. JOHNSTON. » » » » VIII. »
1835. M. SARS: Beskriv. over nogle i Havet ved den Bergenske Kyst levende Dyr. Bergen.
1835. TOTTEN, Silliman's Journal (Amer. Journ. of Science). Vol. XXVIII. New Haven.
1836. PHILIPPI: Enumeratio Molluscorum Siciliæ. Berolini.
1836. JOHNSTON, Loudon's Mag. Nat. Hist. IX. London.
1837. D'ORBIGNY, Mag. de Zool. VII. Paris.
1838. FORBES: Malacologia Monensis. Edinburgh.
1838. JOHNSTON, Ann. Mag. Nat. Hist. Ser. 1, Vol. I. London.
1839. COUTHOUY, Bost. Journ. Nat. Hist. II. Boston.
1839 FORBES, Athenæum N:o 618. London.
1839 MIGHELS, Bost. Journ. Nat. Hist. II. Boston.
1839. WOOD, Ann. Mag. Nat. Hist. (N. Ser.) III. London.
1840. EYDOUX & SOULEYET, Revue Zool. par la Société Cuvierienne. Paris.
1840. FORBES. Ann. Mag, Nat. Hist. Ser. 1, Vol. V. London.
1840. GOULD, Amer. Journ. of Science. Vol. XXXVIII. New Haven.
1841. ALDER, Ann. Mag. Nat. Hist. Ser. 1, Vol. VI. London.
1841. DELLE CHIAJE: Descrizione degli Animali Invert. della Sicilia. Napoli.
1841. GOULD: Rep. on the Invertebrata of Massachusetts. Cambridge.
1841. MIGHELS, Proc. Bost. Soc. Nat. Hist. I. Boston.
1841 MÖLLER, Naturhist. Tidskr. Bd. III. Kjöbenhavn.
1842. ALDER & HANCOCK, Ann. Mag. Nat. Hist. Ser. 1, Vol. IX. London.
1842. GRAY: Synopsis of the Contents of the British Museum. Pteropods. London.
1842. MÖLLER: Ind. Moll. Groenl., Naturhist. Tidskr. Bd. IV. Kjöbenhavn 1842—43.
1843. ALDER & HANCOCK, Ann. Mag. Nat. Hist. Ser. 1, Vol. XII. London.
1843. FORBES, Rep. Brit. Assoc. for 1843. London.
1843. THOMPSON, Rep. Brit. Assoc. for 1843. London.
1844.a ALDER & HANCOCK, Ann. Mag. Nat. Hist. Ser. 1, Vol. XIII. London.
1844.b » » » » » » » » » » XIV. »
1844. AILMAN, Rep. Brit. Assoc. for 1844. London.
1844. BROWN, Illustr. Conch. Gr. Brit. Edinburgh.
1844. LOVÉN, Öfvers. K. Sv. Vet.-Akad. Handl. Stockholm 1845.
1844. QUATREFAGES, Ann. des Sci. Nat. Ser. 3, Vol. I. Paris.
1844. VERANY, Revue Zool. par la Société Cuvierienne. Paris.
1845.a ALDER & HANCOCK: Monogr. of Brit. Nudibr. Moll Part I, II. London.
1845.b » » » Ann. Mag. Nat. Hist. Ser. 1, Vol. XVI. London.
1846.a » » » Monogr. of Brit. Nudibr. Moll. Part III. London.
1846.b » » » Ann. Mag. Nat. Hist. Ser. 1, Vol. XVIII. London.
1846. LOVÉN: Index Moll. litora Scand occid. habit.. Öfvers. K. Sv. Vet.-Akad. Handl. Stockholm 1847.
1847. GRAY, Proc. Zool. Soc. London.
1847. LEACH in manuscr.; see the preceding work.
1847. LOVÉN, Öfvers. K. Sv. Vet.-Akad. Handl. Stockholm 1848.
1848. ALDER & HANCOCK, Ann. Mag. Nat. Hist. Ser. 2, Vol. I. London.
1848. CREPLIN, Wiegmanns Archiv XIV.
1848. FORBES, Rep. Brit. Assoc. for 1848. London.
1850. ADAMS, Sowerby's Thesaurus Conchyliorum.
1850. GRAY: Figures of Molluscous Animals. IV. London.
1850. M. SARS, Nyt. Mag. for Naturvid. VI. Kristiania 1851.
1851.a ALDER & HANCOCK: Monogr. of Brit. Nudibr. Moll. Part V. London.
1851.b » » » Ann. Mag. Nat. Hist. Ser. 2. Vol. VIII. London.
1851. LILLJEBORG, Öfvers. K. Sv. Vet.-Akad. Handl. Stockholm 1852.
1851. STIMPSON, Proc. Bost. Soc. Nat. Hist. IV. Boston.
1852. M'Andrew, Ann. Mag. Nat. Hist. Ser. 2, Vol. X. London.
1852. SUTHERLAND: Journ. of a voy. in Baff. and Barrow Str. Vol. II. App. London.
1853 (52—54). ALDER & HANCOCK; Monogr. of Brit. Nudibr. Moll. Part VI. London.

1853. Forbes & Hanley: Hist. of Brit. Moll. Vol. III. London.
1853. Malm, K. Vet. och Vitterh. Samh. Göteborg Handl.
1853. M. Sars, Nyt. Mag. for Naturvid. VII. Kristiania.
1854. Asbjörnsen: Bidrag till Kristianiafjordens Litoralfauna. I. Mollusker. Kristiania.
1854. Lilljeborg, Öfvers. K. Sv. Vet.-Akad. Handl. Stockholm 1855.
1855. Alder & Hancock: Monogr. of Brit. Nudibr. Moll. Part VII and Appendix. London.
1855. Lovén in manuscr.: see the preceding work.
1855. Reeve, in Belcher: The last of the Arctic Voyages. London.
1857. Gray: Guide to the syst. distr. of Moll. in Brit. Mus. Part I. London.
1857. Mörch: Fortegnelse over Grönlands Blöddyr. Kjöbenhavn.
1858. Malm, K. Vet. och Vitterh. Samh. Göteborg Handl.
1858. M. Sars, Forh. Vid.-Selsk. for 1858. Kristiania 1859.
1859. Danielssen, Kongl. Norske Vidensk.-Selsk. IV. Kristiania.
1860. Bergh, Vidensk. Meddel. Nat. Hist. for 1860. Kjöbenhavn 1861.
1861. Danielssen, Nyt Mag. for Naturvid. Bd. XI. Kristiania.
1861. M. Sars, Nyt. Mag. for Naturvid. Bd. XI. Kristiania.
1862. Alder & Hancock, Ann. Mag. Nat. Hist. Ser. 3, Vol. X. London.
1863. Bergh, Naturh. Tidskr. Kjöbenhavn.
1864. » Danske Vidensk. Selsk. Skr. Naturv.-Mat. Afd. R. 5. Bd. VII. Kjöbenhavn 1868.
1864. Jeffreys, Rep. Brit. Assoc. for 1864. London.
1865. Meyer & Möbius: Fauna der Kielerbucht. Bd I. Leipzig.
1866. Bergh, Naturh. Tidskr. Kjöbenhavn.
1866. Hensche, Schrift. phys.-ökon. Gesellsch. Königsberg.
1867. Jeffreys: British Conchologi. IV. London.
1867. Mörch: Faunula Moll. Ins. Færöens., Vidensk. Medd. Naturh. For. Kjöbenhavn 1868.
1868. Lindström: Om Gotlands nutida mollusker. Stockholm.
1868. Mörch: Faunula Moll. Islandiæ, Vidensk. Medd. Naturh. For. Kjöbenhavn 1869.
1868. Steenstrup, in the preceding work.
1868. G. O. Sars, Forh. i Vidensk. Selsk. Christiania 1869.
1869. Jeffreys: British Conchology. V. London.
1869. Mörch: Moll. du Spitzberg, Mém. Soc. Zool. malac. de Belg. IV. Bruxelles.
1870. Gould & Binney: Invertebr. of Massachusetts. Boston.
1870. Jeffreys, Rep. Brit. Assoc. for 1870 (Porcupine Exp.). London.
1870. M. Sars, Nyt Mag. for. Naturvid. Bd XVII. Kristiania.
1870. Verrill, Amer. Journ. of Sci. Ser. 3, Vol. I. New Haven.
1871. Mörch: Synopsis Moll. marin. Daniæ, Vid. Medd. Kjöbenhavn.
1872.a Berch, Verh. k. k. zool.-bot. Gesellsch. Wien. XXII.
1872.b » Sempers Reisen in Archipel der Philippinen. H. IV. Wiesbaden.
1872. Verkrüzen: Ann. Mag. Nat. Hist. Ser. 4. Vol. X. London.
1873.a Bergh, Verh. k. k. zool.-bot. Gesellsch. Wien XXIII.
1873.b Bergh, Sempers Reisen in Archip. d. Philippinen. H. V. Wiesbaden.
1873. Möbius, Die Wirbellosen Tiere der Ostsee. Unters. der Pommerania Exp. Kiel.
1874.a Bergh, Verh. k. k. zool-bot. Gesellsch. Wien XXIV.
1874.b » Sempers Reisen in Archip. d. Philippinen. H. VI. Wiesbaden.
1874. M'Intosh, Ann. Mag. Nat. Hist. Ser. 4, Vol. XIII. London.
1874. Trinchese, Mem. dell'Accad. delle Sc. dell'Istituto di Bologna.
1875. Lenz, Jahrb. Ber. 1874—75 der Komm. zur wiss. Unt. der deutsch. Meere in Kiel 1875.
1875. Metzger & Meyer: Die Exp. zur phys.-chem. und biol. Unters. d. Nordsee. Berlin.
1876. Bergh, Sempers Reisen in Archipel d. Philippinen. H. X. Wiesbaden.
1876. Friele, Forh. Vidensk. Selsk. Christiania.
1876. Friele & Hansen, Forh. Vidensk. Selsk. Christiania.
1877. Bergh, Sempers Reisen in Archipel d. Philippinen. H. XII. Wiesbaden.
1877. Friele, Nyt Mag. for Naturvid. XXIII. Kristiania.
1877. Jeffreys, Ann. Mag. Nat. Hist. Ser. 4. Vol. XIX (Valorous Exp.). London.
1877. Mörch in Rink: Danish Greenland. Kjöbenhavn.
1877. Smith, Ann. Mag. Nat. Hist. Ser. 4, Vol. XIX. London.
1878. Bergh, Verh. k. k. zool.-bot. Gesellsch. Wien.
1878 van Haren Norman, Tijdschr. d. Nederland. Dierk. Ver. Ser. 1, Vol. III. Leiden.
1878. Hoek, Tijdschr. d. Nederland. Dierk. Ver, Ser. 1, Vol. III. Leiden.
1878. Leche, K. Sv. Vet.-Akad. Handl. Bd. XVI. Stockholm.

1878 G. O. Sars, Moll. regionis arct. Norvegiæ. Kristiania.
1878. Verkrüzen, Nachrichtsblatt der deutsch. malaco-zool. Gesellsch. Jahrg. 5. Frankf. a. M.
1879. Bergh, Proc. Acad. Nat. Sc. of Philadelphia. Philad. 1880
1879. Dall, Bull. U. S. Nat. Mus. Vol. II. Washington.
1879. Friele, Nyt Mag. for Naturvid. XXIV Kristiania.
1880. Bergh, Verh. k. k. zool.-bot. Gesellsch. Wien.
1880. Verrill, Proc. U. S. Nat. Mus. Vol. III. Washington.
1881.a Bergh, Archiv f. Naturgesch. Jahrg. 47. Berlin.
1881.b » Sempers Reisen in Archip. d. Philipp. Suppl. 2. Wiesbaden.
1881. Trinchese, Rendic. della R. Accad. delle Sci. fis. e mat. di Napoli
1882. Bergh, Verh. k. k. zool.-bot. Gesellsch. Wien.
1882. Pelseneer, Ann. Soc. malacol. de Belg. XVII. Bruxelles.
1882. Verrill, Trans. Conn. Acad. V. New Haven.
1883. Bergh, Verh. k. k. zool.-bot. Gesellsch. Wien.
1884. » Zool. Challenger. X. London.
1884. Collin: Limfjordens marina fauna. Kjöbenhavn.
1885. Bergh, Verh. k. k. zool.-bot. Gesellsch. Wien.
1885. Dall: Rep. of the intern. Polar Exp. to Point Barrow, Alaska. Washington.
1885. Krause, Archiv f. Naturgesch. Jahrg. 51. Bd. I. Berlin.
1885. Wagner: Die Wirbellosen des Weissen Meeres. Bd. I. Leipzig.
1886. Aurivillius, Bih. K. Sv. Vet.-Akad. Handl. Bd. II. Stockholm.
1886. Bergh, Bijdragen tot de Dierkunde uitgeg. door Natura artis magistra. 13 Afl. 4:de Ged. Amsterdam.
1886.a Dall, Proc. U. S. Nat. Mus. Vol. IX. Washington 1887.
1886.b » Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard College. Vol. XII. N:o 6. Cambridge.
1886 De Guerne, Ann. Soc. malacol. de Belg. Bruxelles.
1886. Schneider, Tromsö Mus. Aarsh. 4.
1886. Watson: Zool. Challenger. Vol. XV. Gastropodes.
1887. Aurivillius, Vega Exp. Vetensk. Iakttag. Bd. IV. Stockholm.
1887. Collin, Dijmphna-Togtets Zool. Udbytte. Kjöbenhavn.
1887. Fischer: Manuel de Conch. et de Paléont. conch. Paris.
1887. Pelseneer, Resultats of Challenger. Zoology. Vol. XIX. Gymnosomata. London.
1888. » » » » » » XXIII. Thecosomata. »
1888. Petersen: De Skalbær. Moll. Udbredn. indenfor Skagen. Kjöbenhavn.
1889. Carus: Prodromus Faunæ Mediterraneæ. Vol. II. Pars I. Mollusca. Stuttgart.
1889(—1893). Petersen: Vidensk. Udbytte af »Hauchs» Togter indenfor Skagen. Kjöbenhavn.
1889(—1890). Pfeffer, Jahrb. Hamb. Wiss. Anstalt. Jahrg. 7. Hamburg.
1890. Garstang, Journ. Marine Biol. Assoc. (N. S.). Vol. I. Plymouth.
1890. Herdman. Quarterly Journ. of microscop. sci. Vol. XXXI.
1891. Bergh, Zool. Jahrb. Syst. V. Jena.
1892. » » » » VI. »
1892. Krause, » » » VI. »
1893. Herzenstein, Congrès internat. Zool. II. Moscau.
1893. Norman, Ann. Mag. Nat. Hist. Ser. 6. Vol. XII. London.
1893. Pilsbry: Manual of Conchology by G. W. Tryon continued. Vol. XV. Philadelphia.
1893. Loman, Tijdschr. d. Nederland. Dierkunde Ver. IV. Leiden.
1894. Bergh, Comp. zool. Harvard Coll. Vol. XXV. N:o 10. Cambridge.
1894. Appellöf, Berg. Mus. Aarb. 1894—95.
1894. Garstang, Proc. Zool. Soc. London.
1894. Schneider, Tromsö Mus. Aarsh. 1894.
1894. Heincke, Wissenschaftl. Meeresuntersuch. N. F. Bd. I. H. 1. Kiel & Leipzig.
1895. Hecht, Mém. Soc. Zool. de France. Vol. VIII. Paris.
1895. Krause, Tromsö Mus. Aarsh. XVIII. Tromsö 1895.
1895. Pfeffer, Zool. Jahrb. Syst. Bd. VIII. Jena.
1895. Pilsbry: Manual of Conchology by G. W. Tryon continued. Vol. XVI. Philadelphia.
1896. Appellöf, Bergens Mus. Aarbog 1896.
1896.a Grieg, Bergens Mus. Aarbog 1896.
1896. » Stavanger Mus. Aarbog 1896.
1896. Heincke, Wissenschaftl. Meeresuntersuch. N. F. Bd. II. H. 1. Abt. 1. Kiel & Leipzig.
1896. Knipowitsch, Ann. Mus. Zool. St. Petersburg. Tome I.
1897. Grieg, Bergens Mus. Aarbog 1897.

1897. Maitland: Prodrome de la Faune des Pays-Bas et de la Belgique Flamande. Leide.
1897. Watson, Journ. Linn. Soc. Vol. XXVI. London.
1898. Lönnberg, Undersökningar rörande Öresunds djurlif (Medd. fr. K. Landtbruksstyr. N:o 1). Uppsala.
1898. Posselt & Jensen, Medd. om Grönland 1898. Kjöbenhavn. 1899.
1899. Bergh, Résult. des Camp. Sci. Albert I de Monaco. Fasc. XIV. Monaco.
1899. » Den Danske Ingolf Exped. Bd. II. Kjöbenhavn.
1899. Levander, Acta Societatis pro Fauna et Flora Fennica. Helsingfors.
1899. Nichols, Proc. of the Royal Irish Academy. Vol. V. Dublin.
1900. Bergh, Zool. Jahrb. Syst. XIII. Jena.
1900. Knipowitsch, Verh. Russ. Mineral. Gesellsch. Ser. 2. St. Petersburg.
1900. Melville & Standen, Mem. and Proc. Manchester Soc. Vol. XLIV. Manchester.
1901. Friele & Grieg: Den Norske Nordhavs Exp. 1876—78. Vol. XVIII. Mollusca III. Kristiania.
1901. Knipowitsch, Ann. Mus. Zool. St. Petersburg. Tome VI.
1901. Vayssière, Bull. Scient. de la France et de la Belgique. Paris.
1901. Whiteaves: Catalogue of marine Invert. of East Canada. Geol. Survey of Canada. Ottawa.
1902. Friele, Bergens Mus. Aarbog 1902.
1902. Johansen, Vid. Medd. Naturh. For. Kjöbenhavn.
1902. Knipowitsch, Ann. Mus. Zool. St. Peterburg. Tome VII.
1902. Luther, Medd. Societas pro Fauna et Flora Fennica. Helsingfors.
1902. Norman, Ann. Mag. Nat. Hist. Ser. 7, Vol. X. London.
1903. Knipowitsch, Ann. Mus. Zool. St. Petersburg.
1903. Lönnberg: Undersökningar rörande Skeldervikens... djurlif (Medd. K. Landtbruksstyr. N:o 2). Upsala.
1904. Ostenfeld & Paulsen, Meddel. om Grönland. Kjöbenhavn.
1905. Hägg, Arkiv f. Zoologi. Bd. II. Stockholm.
1905. Nobre: Moll. et Brachiop. du Portugal. I. Porto.
1905. Nordgaard: Geographical and Biological investigations in Norwegian Fiords. Bergen.

Index.

The names in parentheses show the genera, under which the species are described. Species with an asterisk (*) are figured.

Page.

Abranchia 9
abyssicola, Cuthonella, Bergh 1884 . . . . . 29, 80
Acanthodoris, Gray 1850 23
Acera, Müller 1776 14
Aceridæ 7, 14
Actæon, Montfort 1810 10
Actæonia, Quatrefages 1844 37
Actæonidæ 7, 10
acuminata, Volvula (Bulla), Bruguière 1792 . . 11, 45
acutiuscula, Lamellidoris? (Doris), Möller 1842 . 25, 75
Adalaria, Bergh 1879 . . . . . 23, 24
Aegires, Lovén 1844 21
Aeolidia, Cuvier 1817 28
Aeolididæ 9, 26
Aeolidiella. Bergh 1874[a] 26, 28
Aeolidoidea 9
Aeolis, Cuvier 1802 . . . . . 26, 28
alba, Cylichna (Volvaria), Brown 1827 . . . . . 12, 48
» Tritonia, Alder & Hancock 1855 . . . . . 17, 62
Alberti, Amphorina, Quatrefages 1844 . . . . . 30, 81
albicans, Forestia (Calma), Friele & Hansen 1876 30, 80
* albus, Favorinus (Eolis), Alder & Hancock 1844[a] 33, 87
Alderia, Allman 1844 36
Aldisa, Bergh 1878 . . . . . 19, 20
Amphisphyra, Lovén 1846 13
Amphorina, Quatrefages 1844 . . . . . 27, 30
Anaspidea 8
Ancula, Lovén 1846. . . . . 23, 26
* angulata, Cratena (Eolis), Alder & Hancock 1844[a] 29, 79
» Philine, Jeffreys 1867 . . . . . 15, 59
Antiopa, Alder & Hancock 1848 . . . . . 27, 34
* aperta, Philine (Bulla), Linné 1766 . . . . . 14, 55
Aplysia, Linné 1766 16
Aplysiidæ 8, 16
Aplysoidea 8
* arborescens, Dendronotus (Doris), Müller 1776 . 19
Archidoris, Bergh 1878 . . . . . 19, 20
arctica, Limacina (Argonauta), Fabricius 1780 . 38
Ascoglossa 9
aspera, Lamellidoris (Doris), Alder & Hancock 1842 . . . . . 24, 74
aspersa, Idalia, Alder & Hancock 1845[a] 25, 76

Page.

Atthila, Bergh 1899 18
Atthilidæ 8, 18
atypica, Chlamylla (Goniæolis), Bergh 1899 . . 33, 87
Atys, Montfort 1810 . . . . . 11, 12
aurantiaca, Cuthona (Eolis), Alder & Hancock 1842 . . . . . 28, 78
auriculata, Facelina (Doris), Müller 1806 . . . 34, 88

balea, Spirialis (Limacina), Möller 1841 . . . . 39, 93
Bathydoris, Bergh 1884 . . . . . 19, 20
Berghi, Cuthonella, Friele 1902 . . . . . 29, 80
* bifida, Hermæa (Doris), Montagu 1815 . . . . 36, 90
bilamellata, Lamellidoris (Doris), Linné 1766 . 24, 73
borealis, Chlamylla, Bergh 1886 . . . . . 33, 86
» Clio, Bruguière 1792 39
bostoniensis, Coryphella, Bergh 1864 . . . . . 32, 84
branchialis, Favorinus (Doris), Müller 1806 . . 33, 87
Bulla Cranchii 12
* bullata, Acera, Müller 1776 . . . . . 14, 55
bullifer, Tergipes, Lovén 1846 . . . . . 36, 91
Bulloidea 7

Cadlina, Bergh 1878 20
Campaspe, Bergh 1863 18
Candiella, Gray 1857 18
Capellinia, Trinchese 1874 . . . . . 27, 30
capitata, Limapontia (Planaria), Müller 1776 . 37, 92
catena, Philine (Bulla), Montagu 1803 . . . . 15, 58
Cavolinia, Abildgaard 1791 39
Cavoliniidæ 38, 39
Cephalaspidea 7
Chlamylla, Bergh 1886 . . . . . 27, 33
cingulata, Galvina (Eolis), Alder & Hancock 1842 31, 82
» Philine, G. O. Sars 1878 . . . . . 15, 57
* cirrigera, Idalia, Philippi of Lovén 1846 25
Cirrobranchia 9
Cladohepatica 9
* clavigera, Triopa (Doris), Müller 1776 . . . . . 22, 69
Cleodora, Péron & Lesueur 1810 39
Clio, Browne 1756 39
Clione, Pallas 1780 39
Clionidæ 38, 39

Page.
Cloelia, Lovén 1844 34
coccinea, Rostanga (Doris), Forbes 1843 . . . . 20, 67
Colobocephalus, M. Sars 1870 17
Colpodaspis, M. Sars 1870 17
* concinna, Cratena (Eolis), Alder & Hancock 1843 29, 79
conulus, Retusa (Bulla), Deshayes in G. O. Sars 1878 10
* cornuta, Polycera (Doris), Abildgaard 1806 . . 22
* coronata, Doto (Doris), Gmelin 1783 . . . . . 35, 89
» Facelina (Eolida), Forbes 1839 . . . 34, 88
corrugata, Actæonia, Alder & Hancock 1848 . . 37, 92
corticata, Cylichna (Bulla), Möller 1842 . . . . 12, 49
Coryphella, Gray 1850 . . . . . 27, 31
costellatus, Colobocephalus, M. Sars 1870 . . . 17, 62
Cranchii, Bulla, Leach 1847 12
crassicornis, Doto, M. Sars 1870 . . . . . 35, 90
Cratena, Bergh 1864 . . . . . 26, 28
* cristata, Ancula (Polycera), Alder 1841 . . . . 26, 77
» Antiopa (Eolis), Delle Chiaje 1841 . . 34, 88
Cryptobranchia 9
Cumanotinæ 26
Cumanotus n. gen. 26, 29
Cuthona, Alder & Hancock 1853 . . . . . 26, 28
Cuthonella, Bergh 1884 . . . . . 26, 29
Cylichna, Lovén 1846 . . . . . 11, 12
cylindracea, Cylichna (Bulla), Pennant 1777 . . 12, 47

Dalli, Dendronotus, Bergh 1879 . . . . . 19, 64
Danielsseni, Goniodoris, Friele & Hansen 1876 . 25, 76
debilis, Diaphana (Bulla), Gould 1840 13
* dendritica, Hermæa (Calliopæa), Alder & Hancock 1843. . . . . 36, 91
Dendronotidæ 8, 18
Dendronotus, Alder & Hancock 1845 . . . . . 18, 19
densistriata, Diaphana (Utriculopsis), Leche 1878 14, 54
despectus, Tergipes (Eolidia), Johnston 1835 . . 30, 80
Diacria, Gray 1842 39
Diaphana, Brown 1833 . . . . . 12, 13
diaphana, Lamellidoris (Doris), Alder & Hancock 1845[b] 24, 75
Diphyllidia, Cuvier 1817 35
discus, Cylichna, Watson 1886 . . . . . 13, 52
Dolabrifera, Gray 1847 16
Doridide 9, 19
Doridoidea 8
Doridoxa, Bergh 1899 19
Doridoxidæ 9, 19
Doriduncolus, G. O. Sars 1878 23
Doto, Oken 1815 35
Dotonidæ 9, 35
* Drummondi, Facelina (Eolidia), Thompson 1843 34, 87
dubia, Palio (Polycera), M. Sars 1829 . . . . . 22, 70
Duebenii, Tylodina, Lovén 1846 . . . . . 17, 62

echinata, Adalaria (Doris), Lovén 1846 24
echinulatus, Doriduncolus, G. O. Sars 1878 . . 23, 71
elegans, Idalia, Leuckart 1828 . . . . . 25, 76
elongata, Retusa (Utriculus), Leche 1878 . . . 11, 44
Elysia, Risso 1812 36

Page.
Elysiidæ 9, 36
Elysoidea 9
Embletonia, Alder & Hancock 1851[a] 27, 30
* exigua, Galvina (Eolis), Alder & Hancock 1848 31, 82
expansa, Diaphana (Amphisphyra), Jeffreys 1864 13, 53

Facelina, Alder & Hancock 1855 . . . . . 27, 34
Farrani, Galvina (Eolis), Alder & Hancock 1844[a] 30, 81
Favorinus, Gray 1850 . . . . . 27, 33
ferruginea, Cuthonella, Friele 1902 . . . . . 29, 80
fimbriata, Tritonia (Doris), Vahl 1806 17
finmarchica, Philine, M. Sars 1858 . . . . . 14, 56
Fiona, Alder & Hancock 1851[a] 27, 34
flavescens, Galvina, Friele & Hansen 1876 . . . 31, 82
Flemingii, Spirialis, Forbes 1848 39
flexuosa, Philine, M. Sars 1870 . . . . . 16, 61
Forestia, Trinchese 1881 . . . . . 26, 30
* formosa, Hero (Cloelia), Lovén 1844 . . . . . 34, 88
* fragilis, Doto (Melibæa), Forbes 1838 . . . . . 35, 89
» Philine, G. O. Sars 1878 . . . . . 15, 57
frigida, Philine, Knipowitsch 1896 . . . . . 16, 60
* frondosus, Dendronotus (Amphitrite), Ascanius 1774 . . . . . 19, 64
* fusca, Acanthodoris (Doris), Lovén 1846 . . . . 24, 72
* » Idalia, n. n. 25, 76, 101
* fustifera, Capellinia? (Tergipes), Lovén 1846 . . 30, 81

Galvina, Alder & Hancock 1855 . . . . . 27, 30
glabra, Cadlina (Doris), Friele & Hansen 1876 . 21, 69
* glacialis, Diaphana n. sp. 13, 53, 97
glauca, Aeolidiella (Eolis), Alder & Hancock 1845[b]. 28, 78
globosa, Diaphana (Amphisphyra), Lovén 1846 . 13, 54
Goniæolis, M. Sars 1861 18
Goniæolididæ 8, 18
Goniodorididæ 9, 23
Goniodoris, Forbes 1840 . . . . . 23, 25
Gouldi, Retusa (Bulla), Couthouy 1839 . . . . 11, 45
» Spirialis, Stimpson 1851 39
gracilis, Coryphella (Eolis), Alder & Hancock 1844[a] 32, 84
grandis, Philine, Leche 1878 . . . . . 56, 59
Gymnosomata 38

helicina, Limacina (Clio), Phipps 1774 . . . . . 38, 92
Hermæa, Lovén 1844 36
Hermæidæ 9, 35
Hero, Lovén 1855 . . . . . 27, 34
Hervia, Bergh 1874 . . . . . 26, 29
hiemalis, Diaphana (Bulla), Couthouy 1839 . . 14, 54
hirsuta, Cratena (Montagua), Bergh 1860 . . . 29, 80
Hollbölli, Dolabrifera, Bergh 1872 . . . . . 16, 61
Holbölli, Palio (Polycera), Möller 1842 . . . . 22, 70
Holohepatica 8
* Hombergi, Tritonia, Cuvier 1802 . . . . . 17, 62
hyalina, Diaphana (Bulla), Turton 1834 . . . . 13, 52

Idalia, Leuckart 1828 . . . . . 23, 25
Idaliella, Bergh 1881 25
incisa, Triopella (Triopa), M. Sars 1872 . . . . 21, 69

Page.

inconspicua, Lamellidoris (Doris), Alder & Hancock 1845[a] 25, 75
infortunata, Philine, Pilsbry 1895 14
ingolfiana, Atthila, Bergh 1899 . . . . . 18, 63
» Bathydoris, Bergh 1899 . . . . . 20, 66
» Doridoxa, Bergh 1899 . . . . . 19, 66
» Tritonia, Bergh 1899 . . . . . 18, 63
insculpta, Cylichna (Bulla), Totten 1835 . . . . 13, 50
intermedia, Chlamylla (Goniæolis), Bergh 1899 . 33, 86
» Philine, Knipowitsch 1901 . . . . . 15, 57
islandica, Limapontia, Steenstrup 1868 . . . . 37, 92
Issa, Bergh 1880 . . . . . 21, 22

Janus, Verany 1844 34
Johnstoni, Jorunna (Doris), Alder & Hancock 1845[a] 20, 67
Jorunna, Bergh 1876 . . . . . 19, 20

lacera, Issa (Doris), Abildgaard 1806 . . . . . 22, 70
* lacinulatus, Tergipes, Gmelin of Lovén 1846 . . 1
lævidens, Coryphella, Knipowitsch 1902 . . . . 33, 86
lævis, Doris, Müller of Lovén 1846 21
Lajonkaireana, Retusa (Utriculus), Jeffreys 1867 44
Lamellidoris, Alder & Hancock 1855 . . . . . 23, 24
Landsburgi, Coryphella (Eolis), Alder & Hancock 1846[b] 32, 84
* laticeps, Cumanotus, n. sp. 29, 80, 101
* Lessoni, Palio (Polycera), d'Orbigny 1837 . . . 22, 70
librarius, Scaphander, Lovén 1846 12
lignarius, Scaphander (Bulla), Linné 1766 . . . 12, 46
lima, Philine (Utriculus), Brown 1827 . . . . . 16, 60
Limacina, Cuvier 1817 38
limacina, Clione (Clio), Phipps 1774 . . . . . 39, 95
Limacinidæ 38
Limapontia, Johnston 1836 37
Limapontiidæ 9, 37
* lineata, Coryphella (Aeolis), Lovén 1846 . . . . 32, 84
* » Diphyllidia, Otto of Lovén 1846 35
» Tritonia, Alder & Hancock 1848 . . . 18, 63
lineolata, Philine (Bulla), Couthouy 1839 . . . 16
liturata, Lamellidoris (Doris), Möller 1842 . . . 24, 74
* lobata, Goniæolis, n. sp. 18, 64, 97
Lovéni, Adalaria (Doris), Alder & Hancock 1862 24, 73
» Philine, Malm 1853 . . . . . 15, 57
* » Pleurophyllidia, Bergh 1860 . . . . . 35, 90
luteocincta, Lamellidoris (Doris), M. Sars 1870 . 25, 75

major, Campaspe, Bergh 1886 . . . . . 18, 64
mamillata, Retusa (Bulla), Philippi 1836 . . . 11, 45
Mariæ, Stiliger (Embletonia), Meyer & Möbius 1865 . . . . . 36, 91
marina, Fiona (Limax), Forskål 1775 . . . . . 34, 88
minuta, Elysia, M. Sars 1835 . . . . . 37, 92
* modesta, Alderia (Stiliger), Lovén 1844 . . . . 36, 91
» Hervia, Bergh 1874 . . . . . 29, 80
» Palio (Polycera), Lovén 1846 22
muricata, Lamellidoris (Doris), Müller 1776 . . 24, 74
» Doris, Müller of Lovén 1846 24

* nana, Cuthona (Eolis), Alder & Hancock 1842 . 28, 78

Page.

nigra, Limapontia, Johnston 1836 37
nitida, Philine, Jeffreys 1867 15
nitidula, Retusa (Cylichna), Lovén 1846 . . . . 11, 42
* nobilis, Archidoris (Doris), Lovén in manuscr. 20, 66, 99
» Fiona (Oithona), Alder & Hancock 1851[a] 34
* nodosa, Goniodoris (Doris), Montagu 1808 . . . 22, 75
Non Suctoria 9
Notaspidea 8
Nudibranchia 8
obtusa, Retusa (Bulla), Montagu 1803 . . . . . 11, 44
* obtusalis, Aeolis, Alder & Hancock of Lovén 1846 29
* obvelata, Cadlina (Doris), Müller 1776 . . . . . 21, 68
ocellata, Palio (Polycera), Alder & Hancock 1842 22, 70
olivacea, Cratena (Eolis), Alder & Hancock 1842 28, 79
Olrikii, Cratena (Aeolis), Mörch 1857 . . . . . 29, 80
Opisthobranchia 7
Ossian-Sarsi, Philine, Friele 1877 . . . . . 14, 56
ovata, Retusa (Cylichna), Jeffreys 1870 . . . . 10, 41

Palio, Gray 1857 . . . . . 21, 22
pallida, Embletonia, Alder & Hancock 1855 . . 30, 81
papillosa, Aeolis (Limax), Linné 1766 . . . . . 28, 77
Peachi, Cuthona (Eolis), Alder & Hancock 1848 28, 78
pellucida, Coryphella (Eolis), Alder & Hancock 1843 . . . . . 31, 83
pellucida, Retusa (Volvaria), Brown 1827 . . . 10, 41
* pentabranchus, Doridunculus, n. sp. . . . 23, 71, 100
pertenuis, Retusa (Bulla), Mighels 1839 . . . . 11, 43
Phanerobranchia 9
Philine, Ascanius 1772 14
Philinidæ 7, 14
picta, Galvina (Eolis), Alder & Hancock 1842 . 30, 81
* pilosa, Acanthodoris (Doris), Müller 1776 . . . 24, 71
* planata, Platydoris (Doris), Alder & Hancock 1846[a] 20, 67
Platydoris, Bergh 1877 . . . . . 19, 20
plebeia, Palio (Polycera), Lovén 1846 22
* » Tritonia, Johnston 1838 . . . . . 18, 63
Pleurobranchidæ 8, 16
Pleurobranchoidea 8
Pleurobranchus, Cuvier 1804 16
Pleuroleura, Bergh 1874[b] 35
Pleuroleuridæ 9, 35
Pleurophyllidia, Meckel 1816 35
Pleurophyllidiidæ 9, 35
plumula, Pleurobranchus (Bulla), Montagu 1803 17, 62
polaris, Philine, Aurivillius 1887 . . . . . 15, 60
Polycera, Cuvier 1817 . . . . . 21, 22
Polyceridæ 9, 21
Pontolimax, Creplin 1848 37
propinqua, Cylichna (Bulla), M. Sars 1858 . . . 13
proxima, Adalaria (Doris), Alder & Hancock 1845[a] 24, 72
* pruinosa, Philine (Bullæa), Clark 1828 . . . . . 16, 61
psoloides, Tritonia, Aurivillius 1887 . . . . . 18, 63
Pterobranchia 9
Pteropoda 38
pudica, Palio (Polycera), Lovén 1846 . . . . . 22, 70
pulchella, Idalia, Alder & Hancock 1855 . . . 25, 76

Page.

pulchra, Embletonia (Pterochilus), Alder & Hancock 1844[b] 30, 81
* punctata, Aplysia, Cuvier 1803 16
» Philine (Bullæa), Clark 1828 . . . . 15, 59
* punctilucens, Aegires (Polycera), d'Orbigny 1837 22, 69
punctostriatus, Scaphander (Bulla), Mighels 1841 12, 46
pusilla, Campaspe, Bergh 1863 . . . . . 18, 64
» Colpodaspis, M. Sars 1870 . . . . . 17, 62
» Lamellidoris (Doris), Alder & Hancock 1845[b] 24, 75
pyramidata, Clio, Browne 1756 . . . . . 39, 94

quadrata, Philine (Bullæa), Wood 1839 . . . . 15, 59
* quadrilineata, Polycera (Doris), Müller 1776 . . 22, 71
* quadripartita, Philine, Ascanius 1772 14

Reinhardti, Cylichna (Bulla), Möller 1842 . . . 13, 51
* repanda, Cadlina (Doris), Alder & Hancock 1842 21
retroversus, Spirialis (Heterofusus), Fleming 1823 39, 94
Retusa, Brown 1827 10
robustus, Dendronotus, Verrill 1870 . . . . . 19, 65
* rosea, Aplysia, Rathke 1799 . . . . . 16, 61
Rostanga, Bergh 1881 20
rufibranchialis, Coryphella (Eolidia), Johnston 1832 . . . . . 31, 83
rupium, Galvina (Tergipes), Möller 1842 . . . . 31, 82

salmonacea, Coryphella (Eolis), Couthouy 1839 . 32, 85
Sarsi, Coryphella, Friele 1902 . . . . . 32, 85
* scabra, Philine (Bulla), Müller 1776 . . . . . 15, 57
scalpta, Cylichna (Bulla), Reeve 1855 . . . . . 13, 51
Scaphander, Montfort 1810 . . . . . 11, 12
Scaphandridæ 7, 11
scutulum, Philine, Lovén 1846 15
semen, Retusa (Bulla), Reeve 1855 11
sibirica, Acanthodoris (Adalaria), Aurivillius 1887 24, 72
sideralis, Pleurobranchus, Lovén 1846 17
sinuata, Philine, Stimpson 1850 . . . . . 15, 59
sparsa, Lamellidoris (Doris), Alder & Hancock 1846[b] 24, 75
spirata, Diaphana, n. n. 13, 53, 97
Spirialis, Eydoux & Souleyet 1840 . . . . . 38, 39
Stiliger, Ehrenberg 1831 36
Stimpsoni, Coryphella, Verrill 1880 . . . . . 33, 86
strigella, Retusa (Cylichna), Lovén 1846 . . . . 10, 42
substriata, Retusa (Utriculus), Jeffreys 1877 . . 10, 42
Suctoria 9

Page.

Tectibranchia 7
tenellus, Actæon, Lovén 1846 . . . . . 10, 41
Tergipes, Cuvier 1817 . . . . . 26, 30
testudinaria, Platydoris (Doris), Risso 1826 . . 67
Tethys, Linné 1758 16
Thecacera, Fleming 1828 . . . . . 21, 22
Thecosomata 38
tomentosa, Acanthodoris (Doris), Lovén 1846 . 24
tornatilis, Actæon (Voluta), Linné 1766 . . . . 10, 40
Tornatinidæ 7, 10
* tricolor, Galvina (Eubranchus), Forbes 1838 . . 31, 83
trilineata, Cloelia, M. Sars 1850 34
Triopa, Johnston 1838 . . . . . 21, 22
Triopella, G. O. Sars 1878 21
trispinosa, Cavolinia (Hyalæa), Lesueur 1821 . . 39, 94
Tritonia, Cuvier 1802 17
Tritoniidæ 8, 17
Tritonoidea 8
truncatula, Retusa (Bulla), Bruguière 1792 . . 10, 41
* tuberculata, Archidoris (Doris), Cuvier 1804 . . 20, 66
turrita, Retusa (Bulla), Möller 1842 . . . . . 11, 44
Tylodina, Rafinesque 1819 17
typica, Chlamylla (Goniæolis) Bergh 1886 . . . 33, 86
» Goniæolis, M. Sars 1861 . . . . . 18, 64

umbilicata, Retusa (Bulla), Montagu 1803 . . . 10, 42
Umbraculidæ 8, 17
Utriculus, Brown 1844 10
utriculus, Atys (Bulla), Brocchi 1814 . . . . . 12, 47

valida, Cylichna, Leche 1878 . . . . . 13, 50
velifer, Dendronotus, G. O. Sars 1878 19
velutinoides, Philine, G. O. Sars 1878 . . . . . 16, 61
* venosa, Hermæa, Lovén 1844 36
ventricosa, Philine (Amphisphyra), Jeffreys 1867 16
verrucosa, Coryphella (Aeolis), M. Sars 1829 . . 33, 86
* villosa, Issa, n. sp. 22, 70, 100
virescens, Thecacera, Alder & Hancock 1855 . . 22, 70
* viridis, Cratena (Montagua), Forbes 1840 . . . 22, 79
* Elysia (Laplysia), Montagu 1804 . . . . 37, 91
vitrea, Philine, M. Sars 1870 . . . . . 14, 56
Volvula, A. Adams 1850 . . . . . 10, 11

Walteri, Pleuroleura, Krause 1892 . . . . . 35, 90

zetlandica, Aldisa (Doris), Alder & Hancock 1855 20, 67

Errata.

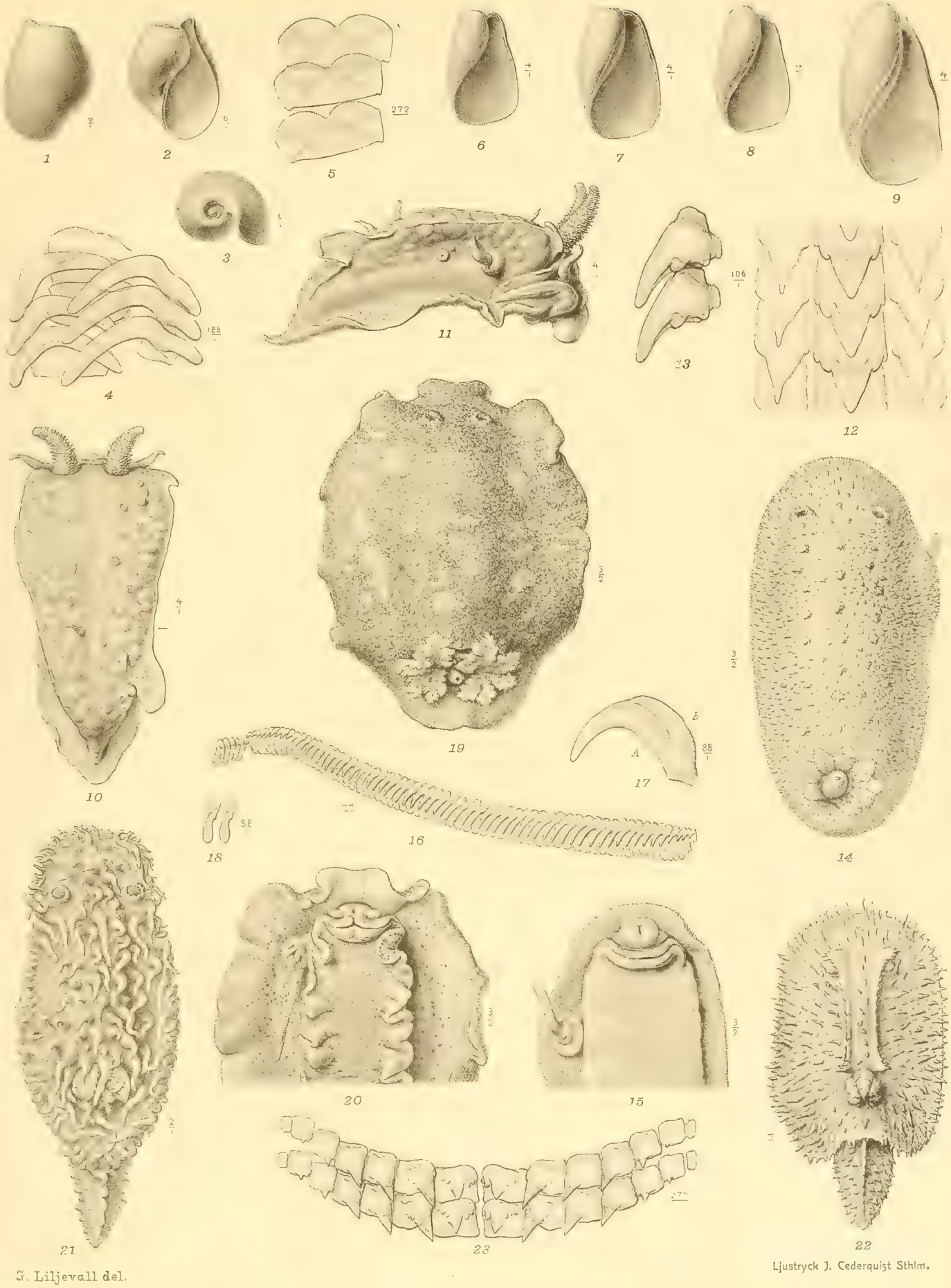
Page	13,	line	6,	from	foot	of	page,	*for* exspansa	*read* expansa.
»	26,	»	4,	»	»	»	»	Alder & Hancock	» Cuvier.
»	27,	»	7,	»	»	»	»	Hancock & Embleton	» Alder & Hancock.
»	29,	»	22,	»	top	»	»	Bergh 1860	» (Bergh 1860).
»	34,	»	18,	»	foot	»	»	Alder & Hancock 1851[a]	» (Alder & Hancock 1851[a]).

PLATE I.

Figs. 1—23.

Plate I.

Fig. 1. Diaphana glacialis n. sp., shell from the back. Mossel Bay. $\frac{6}{1}$.
Fig. 2. The same, shell from the aperture. $\frac{6}{1}$.
Fig. 3. The same, shell from the spire. $\frac{6}{1}$.
Fig. 4. The same, part of the radula; the median plates pushed a little together and the lateral ones of the right side shifted outwards. Hackluyts Headland, $\frac{188}{1}$.
Fig. 5. The same, three median plates after slight depression, showing the swellings of the margins. Cross Bay. $\frac{272}{1}$
Figs. 6—9. Philine scabra Müller, shells, showing the gradual depressions of the outer lip and the transitions to var Lovéni (fig. 9).
Fig. 6 from Torekov—Arilds läge, $\frac{4}{1}$; fig. 7 from Landskrona—Helsingborg, $\frac{4}{1}$; fig. 8 from Gåsöfjord. Gullmarn, $\frac{4}{1}$; fig. 9 from Lindholmen, Gullmarn, $\frac{4}{1}$.
Fig. 10. Goniæolis lobata n. sp. from the upper side, with a few papillæ and marks of others which have fallen off. $\frac{4}{1}$. The arrow shows the place for the transversal section in text-fig. 1.
Fig. 11. The same from the right side: at the anterior end the mouth with lips projecting; above the side-lobes of the head the genital orifice with the penis stretched out; farther back the anus and the porus renalis on the right side of it. $\frac{4}{1}$.
Fig. 12. The same, part of the radula. $\frac{106}{1}$.
Fig. 13. The same, two median teeth of the radula seen from the side. $\frac{106}{1}$.
Fig. 14. Archidoris nobilis Lovén from above. Skår, Gullmarn. $\frac{3}{2}$.
Fig. 15. The same from the under side: the anterior margin of the foot turned down in order to show the conic tentacles; to the left the stretched penis and behind it the female genital orifice. $\frac{3}{2}$.
Fig. 16. The same, a row of teeth from one side of the radula and 6 teeth from the opposite side. $\frac{44}{1}$.
Fig. 17. The same, a single tooth from the radula. $\frac{88}{1}$.
Fig. 18. The same, transversal section of two teeth and the basal membrane, along the line AB in fig. 17. $\frac{88}{1}$.
Fig. 19. Platydoris planata Alder & Hancock, from above. Kristineberg. $\frac{3}{2}$.
Fig. 20. The same, the anterior half from the under side: to the left the female genital aperture with a cutaneous process containing a few eggs. $\frac{3}{2}$.
Fig. 21. Issa villosa n. sp. Bel Sound, Spetsbergen. $\frac{2}{1}$.
Fig. 22. Doridunculus pentabranchus n. sp. Skagerrack $\frac{4}{1}$.
Fig. 23. The same, part of the radula. $\frac{272}{1}$.



G. Liljevall del.

Ljustryck J. Cederquist Sthlm.

PLATE II.

Figs. 1—27.

Plate II.

The numerals in parentheses refer to Ind. Moll. Scand. (Lovén 1846).

Fig. 1. Acera bullata Müller, animal with shell.
Fig. 2. The same, shell.
Fig. 3. The same, egg-cocoon.
Fig. 4. Aplysia rosea Rathke (= punctata Cuvier).
Fig. 5. The same, a younger specimen.
Fig. 6. The same, shell.
Fig. 7. The same, spawn on Furcellaria.
Fig. 8 (13 a). Archidoris tuberculata Cuvier.
Fig. 9 (30). Aegires punctilucens Lovén from above.
Fig. 10. The same from the left.
Fig. 11. Dendronotus sp. aberrant form (monstrosity?).
Fig. 12 (16). Acanthodoris pilosa var. fusca Lovén.
Fig. 13 (16 a). Acanthodoris pilosa Müller, the type.
Fig. 14 (16 b). The same.
Fig. 15. The same.
Fig. 16 (26). Palio Lessoni d'Orbigny (= modesta Lovén).
Fig. 17 (44). Galvina tricolor Forbes.
Fig. 18 (31). Tritonia Hombergi Cuvier.
Fig. 19 (21). Idalia pulchella var. fusca (= I. cirrigera Phil. of Lovén).
Fig. 20 (48 a). Cuthona nana (under Eolis bellula in Lovén).
Fig. 21 (52). Pleurophyllidia Lovéni Bergh (= Diphyllidia lineata Otto of Lovén)
Fig. 22. The same from the right.
Fig. 23 (34). Doto coronata Gmelin.
Fig. 24. Papilla of the same.
Fig. 25 (49). Alderia modesta Lovén.
Fig. 26 (50). Elysia viridis Montagu (= Placobranchus v. Huss. Quoy & Gaim of Lovén).
Fig. 27. The same from the left.

W & F. v. Wright. pinx.

Lith. G. Tholander, Stockholm.

PLATE III.

Figs. 1—34.

Plate III.

The numerals in parentheses refer to Ind. Moll. Scand. (Lovén 1846).

Fig. 1. Philine aperta Linné.
Fig. 2. Philine scabra Müller.
Fig. 3. Philine pruinosa Clark.
Fig. 4 (32 a). Tritonia Hombergi Cuvier.
Fig. 5 (32 b). Tritonia plebeia Johnston.
Fig. 6 (13). Archidoris tuberculata Cuvier.
Fig. 7 (14). Cadlina obvelata Müller.
Fig. 8. The same from the under side.
Fig. 9. The same from the left.
Fig. 10 (23). Triopa clavigera Müller.
Fig. 11 (25). Polycera quadrilineata Müller (= cornuta Abildgaard).
Fig. 12. The same from the left.
Fig. 13 (25). Polycera quadrilineata Müller (= var. a in Jeffreys 1869).
Fig. 14. The same from the left.
Fig. 15 (20). Goniodoris nodosa Montagu.
Fig. 16 (22). Ancula cristata Alder.
Fig. 17 (22 a). The same.
Fig. 18 (33). Dendronotus frondosus Ascanius.
Fig. 19 (43). Cratena angulata Alder & Hancock (= Aeolis obtusalis Alder & Hancock of Lovén).
Fig. 20 (48 d). Cratena viridis Forbes (under Aeolis bellula in Lovén).
Fig. 21 (39). Galvina exigua Alder & Hancock (= Tergipes lacinulatus Gmelin of Lovén).
Fig. 22 (48). Cratena concinna Alder & Hancock (under Aeolis bellula in Lovén).
Fig. 23 (40). Capellinia? fustifera Lovén (Tergipes).
Fig. 24 (46). Favorinus albus Alder & Hancock.
Fig. 25. The same from the right.
Fig. 26 (47). Coryphella lineata Lovén.
Fig. 27 (48 c). Facelina Drummondi Thompson (under Aeolis bellula in Lovén).
Fig. 28 (38). Hermæa dendritica Alder & Hancock (= venosa Lovén).
Fig. 29 (37). Hermæa bifida Montagu.
Fig. 30 (35). Hero formosa Lovén.
Fig. 31 (35 a). The same.
Fig. 32 (35 b). The same.
Fig. 33 (34 b). Doto fragilis Forbes.
Fig. 34 (34 a). The same.

Tryckt den 1 februari 1907.

Uppsala 1907. Almqvist & Wiksells Boktryckeri-A.-B.

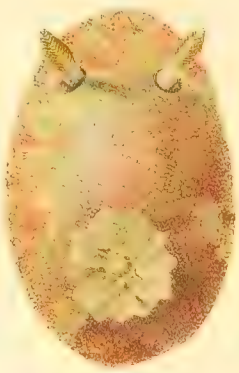
1

2

3

4 (32 a)

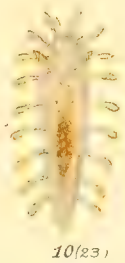
5 (32 b)


6 (13)

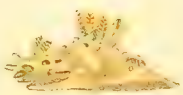
7 (14)

8

9


10 (23)

11 (25)


12

13 (25)

14

15 (20)

16 (22)

17 (22 a)

18 (33)

19 (43)

20 (48 d)

21 (39)

22 (48)

23 (40)

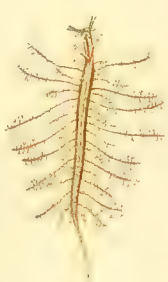
24 (46)

26, 47)

27 (48 c)

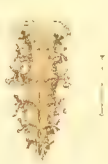
28 (38)

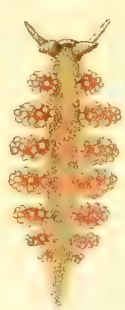
25


29 (37)

30 (35)

31 (35 a)


32 (35 b)


33 (34 b)

34 (34 a)

Uppsala 1907. Almqvist & Wiksells Boktryckeri-A.-B.

KUNGL. SVENSKA VETENSKAPSAKADEMIENS HANDLINGAR. Band 41. N:o 5.

12277

ÜBER

DICTYOPHYLLUM

UND

CAMPTOPTERIS SPIRALIS

VON

A. G. NATHORST

MIT 7 TAFELN UND 4 TEXTFIGUREN

MITGETEILT AM 9. MAI 1906

UPPSALA & STOCKHOLM. ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI-A.-B.

BERLIN
R. FRIEDLÄNDER & SOHN
11 CARLSTRASSE

LONDON
WILLIAM WESLEY & SON
28 ESSEX STREET. STRAND

PARIS
LIBRAIRIE H. LE SOUDIER
174 BOULEVARD S:T GERMAIN

KUNGL. SVENSKA VETENSKAPSAKADEMIENS HANDLINGAR. Band 41. N:o 5.

ÜBER

DICTYOPHYLLUM

UND

CAMPTOPTERIS SPIRALIS

VON

A. G. NATHORST

MIT 7 TAFELN UND 4 TEXTFIGUREN

MITGETEILT AM 9. MAI 1906

UPPSALA & STOCKHOLM
ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI-A.-B.
1906

Die Gattung *Dictyophyllum* ist in den letzten Jahren, und zwar besonders mit Rücksicht auf ihre Stellung zu der jetzigen Familie oder Unterfamilie *Dipteridinae*, mehrmals besprochen worden. Die Kenntnis der fossilen Gattung ist durch die von Zeiller (03) in seiner schönen Arbeit über die fossile Flora von Tonkin beschriebenen Arten, und die Kenntnis von *Dipteris* durch die gründliche Arbeit von Seward und Dale (01) erheblich erweitert worden. Da aber dessenungeachtet der Bau von *Dictyophyllum* in mehreren wichtigen Punkten unvollständig bekannt ist, während *Camptopteris spiralis*, die ich schon vor 28 Jahren ausführlich beschrieb, von den meisten Autoren unberücksichtigt geblieben ist, habe ich es für zweckmässig gehalten, einige Mitteilungen über schwedische Arten, die neue Aufschlüsse über den Bau dieser interessanten Pflanzen geben, hier zu veröffentlichen. Es kommt hierbei nicht darauf an, sämtliche schwedische Arten zu besprechen, sondern es handelt sich nur darum, diejenigen zu beschreiben, die für die Kenntnis der Gattung von besonderer Bedeutung sind.

Genus Dictyophyllum Lindley & Hutton.

Subgenus Dictyophyllum s. strict.

Dictyophyllum spectabile n. sp.

Tafel 1.

Diese Art ist nur durch das abgebildete Exemplar aus Schweden vertreten, das aus der oberen Schicht des Hörsandsteins in Schonen stammt. Nähere Angaben über die Fundstätte fehlen, das Fossil befand sich in Sven Nilssons hinterlassenen Sammlungen, die seiner Zeit für die phytopaläontologische Abteilung des Naturhistorischen Reichsmuseums in Stockholm erworben wurden.

Wie aus der Abbildung hervorgeht, liegen Teile von fünf Fiedern eines anscheinend fussförmig geteilten Blattes vor, von denen jedoch eine sehr fragmentarisch ist. Die Fiedern gehen von einem kurzen Gabelast des Blattstiels aus und waren wahrscheinlich an der Basis durch einen schmalen Rand der Blattlamina mit einander verbunden. Der Blattstiel scheint einen beinahe rechten Winkel mit der Blattspreite gebildet zu haben, und das vollständige Blatt muss wenigstens (denn nur die eine Hälfte liegt ja vor) zehn Fiedern getragen haben. Dieselben sind tief fiederteilig, mit nicht weit voneinander gestellten wechselständigen linearen, stumpfen Segmenten, die von schmalen parallelseitigen Einbuchtungen getrennt sind. Die Segmente scheinen am Rande verdickt gewesen zu sein (etwas umgebogen?), ihr hinterer Rand ist etwas wellig gekerbt, der vordere mehr ganzrandig. Der Mittelnerv ist stark und setzt sich bis zur Spitze des Segmentes fort, die Secundärnerven und Nerven der folgenden Ordnung sind in gewöhnlicher Weise zu Maschen verbunden; doch scheinen die Sekundärnerven die Tendenz zu haben, den Blattrand zu erreichen, und zwar besonders, wenn dieser gekerbt ist.

Obschon die vorliegende Art von den übrigen Arten der Gattung scharf getrennt zu sein scheint, bin ich doch etwas unschlüssig gewesen, ob es sich nicht um eine Varietät von *Dictyophyllum Münsteri* Gp. sp. handeln könnte. Allerdings sind die Segmente der Fiedern bei dieser Art gewöhnlich schmäler, durch breitere Buchten voneinander getrennt, meistens ganzrandig oder nur an der Spitze grob gezähnt. Im hiesigen Museum kommt aber ein allerdings fragmentarisches Exemplar aus Franken (Theta) vor, das, soweit es erhalten ist, mit dem Fossil von Hör gut übereinzustimmen scheint (Taf. 7, Fig. 1). Auch hier sind die Segmente der Fiedern, und

zwar besonders ihr hinterer Rand, gekerbt, ja es kommt sogar je ein Zahn an dem herablaufenden Teil der Segmente rechts und oben links (wo er wie ein »Zwischensegment» aussieht) vor, was mitunter auch an dem Exemplar von Hör angedeutet ist. Diejenigen Sekundärnerven des Exemplars von Theta, die den Kerbzähnen gegenüber auslaufen, setzen sich in denselben bis an den Blattrand fort.

Es ist also nicht zu leugnen, dass das betreffende Exemplar mit *Dictyophyllum spectabile* gut übereinzustimmen scheint, und es würde ja nicht überraschen, wenn es sich zeigen sollte, dass Hör und Theta noch eine gemeinsame Art aufzuweisen hätten. Es fragt sich aber, wie sich die Form von Theta zu dem dort sehr häufigen *Dictyophyllum Münsteri* verhält, eine Frage, die erst nach der Untersuchung von umfassenderen Materialien aus dieser Fundstätte entschieden werden kann.

Dictyophyllum Nilssoni Brongniart sp.

Tafel 2; Tafel 3, Fig. 2—8.

1820. Nilsson, Om förstcningar och aftryck af tropiska trädslag och deras blad, funna i ett sandstenslager i Skåne. Taf. 6, Fig. 1, 2. K. Svenska Vetenskaps Akademiens handlingar.
1825. ? *Filicites Agardhiana* Brongniart, Observ. sur les vég. foss. renfermés dans les grès de Hoer en Scanie. Ann. sc. nat. t. 4, p. 218, atlas pl. 12, fig. 2.
1825. *Phyllites nervulosus* Sternberg, Flora d. Vorwelt. 1. Heft 4. In Index Iconum. Taf. 42, Fig. 2. Wird auf p. 39 als Dikotylenblatt erwähnt.
1836. *Phlebopteris Nilssoni* Brongniart, Hist. d. vég. fossiles, p. 376, pl. 132, fig. 2.
1836. *Camptopteris Nilssoni* Presl in Sternberg, Flora der Vorwelt. 2. p. 168.
» *Camptopteris biloba* Presl, ibidem.
1837. *Filicites* . . . Hisinger, Lethaea suecica, p. 107, tab. 33, fig. 1.
1846. *Dictyophyllum Nilssoni* Göppert, Gattungen der fossilen Pflanzen. Lief. 5 u. 6, p. 119.
1866. » » Schenk, Flora der Grenzschichten. p. 80, Taf. 19, Fig. 6, 7.
1869. » » Schimper, Traité pal. vég. 1. p. 634.
1876. » » Nathorst, Bidrag till Sveriges fossila flora. p. 25, taf. 1, fig. 14; taf. 4, fig. 6—8, taf. 5; taf. 6, fig. 2, 3; taf. 7.
1878. » » Nathorst, Beiträge zur fossilen Flora Schwedens, p. 14. Dieselben Tafeln wie in der vorigen Abhandlung.

Diese Art, die ich seiner Zeit aus Pålsjö in Schonen ausführlich beschrieben und abgebildet habe (Nathorst, 76, 78: 2), liegt aus Hör in verschiedenen Formen vor. Wir haben erstens eine Form *brevilobatum* (Taf. 2; Taf. 3, Fig. 2, 3), die durch verhältnismässig kurze, trianguläre Segmente der Fiedern charakterisiert ist. Diese Form kommt *D. acutilobum* Braun sp. am nächsten, das jedoch eine gute Art ist, wenn auch die Fragmente der beiden Arten nicht immer voneinander unterschieden werden können. *D. acutilobum* tritt in Schweden in einem bestimmten geologischen Horizont, und zwar in dem mittleren Rät, auf, der etwas älter als die Schichten der Pålsjöer Flora und also noch älter als die Lias-Flora des Hörsandsteins ist.

Bei der Form *genuinum* (Taf. 3, Fig. 4 und 5) sind die Segmente der Fiedern verlängert, am Grunde jedoch immer triangulär. Für die übrigen Formen verweise ich auf meine »Beiträge zur fossilen Flora Schwedens»; sie haben für die vorliegende Arbeit kein besonderes Interesse.

Das auf Tafel 2 abgebildete Exemplar von *Dictyophyllum Nilssoni brevilobatum* ist wahrscheinlich seiner Zeit im Steinbruche von Ormanäs unweit Hör von Angelin gefunden, der laut einer Mitteilung von Professor Dr. S. Berggren in Lund, dort eine reiche Ernte gemacht haben soll. Es ist ein Abdruck der Oberseite des Blattes; die beiden Gabeläste des Blattstiels sind deutlich zu sehen, sie geben die Fiedern von ihrer äusseren Seite ab, wie es für die Gattung charakteristisch ist und was mit einer Drehung der Gabeläste in Verbindung steht. Die Zahl der Fiedern jedes Astes ist wenigstens 9, das ganze Blatt hat also wenigstens 18 Fiedern gehabt, während ich an den Exemplaren von Pålsjö deren höchstens nur 13 beobachtet habe. Das Exemplar Taf. 3, Fig. 3, das wahrscheinlich nur die unvollständige Hälfte eines Blattes darstellt, hat 6 Fiedern, das ganze Blatt muss also wenigstens etwa 12 gehabt haben. An diesem Exemplar sowie an einem anderen, Taf. 3, Fig. 2, ist deutlich zu sehen, dass die Fiedern an der Basis durch die Blattlamina etwas verbunden waren.

Das auf Tafel 2 abgebildete Exemplar zeigt keine Spur des Blattstiels, was ja auch natürlich ist, da es, wie erwähnt, der Abdruck der Oberseite der Blattspreite ist. Aus anderen Exemplaren scheint aber hervorzugehen, dass der Stiel ungefähr senkrecht zur Spreite gestanden hat. Dies geht ganz bestimmt aus dem Exemplar Taf. 3, Fig. 3 hervor, an dem eine senkrechte Höhlung im Gestein den Platz des Blattstieles angibt. Auch an den Exemplaren von Pålsjö kann man dieselbe Beobachtung machen, der Blattstiel selbst fehlt gewöhnlich, auch wenn die Blattbasis vollständig vorliegt; ich habe ihn nur selten in Verbindung mit dem Blatte beobachtet, z. B. an dem Exemplar, das auf Taf. 7, Fig. 2 in meiner Flora von Pålsjö (Nathorst 76, 78: 2) abgebildet ist. Die betreffende Zeichnung gibt nur die Konturen wieder; das Original lässt allerdings erkennen, dass der Blattstiel mit der Blattspreite einen Winkel gebildet hat, er ist aber etwas schief gedrückt, so dass die Gabeläste des Stieles nicht gut zu erkennen sind. An der Mehrzahl der Exemplare, deren Blattstiel fehlt, wird sein Platz durch eine mit Kohle gefüllte Höhlung angegeben, die eine beinahe senkrechte Stellung des Stieles anzukündigen scheint.

Es geht auch aus den Exemplaren von *Dictyophyllum Nilssoni* von Pålsjö hervor, dass der Blattstiel in zwei kurze Äste gegabelt war (Taf. 3, Fig. 6, 7), ganz wie Schenk (l. c., Taf. 20, Fig. 1) es seiner Zeit für *Dictyophyllum acutilobum* angegeben hat. Diese Äste geben die Fiedern an ihrer äusseren Seite ab, was, wie erwähnt, wahrscheinlich mit einer Drehung der Gabeläste in Beziehung steht. Es dürfte sich auch hier um eine wiederholte Dichotomie des Astes handeln, und zwar in ähnlicher Weise wie Diels für *Matonia pectinata* angegeben hat, und wie unten für *Dictyophyllum exile* ausführlicher besprochen wird. In solchen Fällen, wo die Gabeläste sehr verkürzt sind, hat es allerdings den Anschein, als wäre die Spreite fächerförmig geteilt; so z. B. bei dem Exemplar, das auf Tafel 7, Fig. 1 in meiner Flora von Pålsjö abgebildet ist.[1] Da aber eine deutliche Gabelung stets an den am besten erhaltenen

[1] Eine erneuerte Untersuchung des Originals macht es wahrscheinlich, dass die Stellung in der Abbildung umgekehrt worden ist, und dass die Fiedern an der oberen Seite (der Abbildung) nicht durch eine so breite Blattlamina, wie die Figur angiebt, miteinander verbunden sind. Die Sache ist deshalb schwierig zu entscheiden, weil mehrere Blätter übereinander liegen, infolgedessen die Umrisse des abgebildeten etwas undeutlich werden.

Exemplaren zu sehen ist, unterliegt es keinem Zweifel, dass dies als die Regel betrachtet werden muss. Das Exemplar Taf. 3, Fig. 5 ist ein Fiederstück aus dem Sandstein von Hör, dessen Spitze eingerollt ist, und zwar in der Weise, dass die Segmente der äusseren Seite vollständig entwickelt, die der inneren dagegen verkümmert sind. Dies muss also als eine pathologische (von Insekten verursachte?) Erscheinung betrachtet werden. Wie unten angegeben wird, sind derartige Fiederspitzen von *Dictyophyllum exile* nicht eben selten.

Dictyophyllum Nilssoni Brongniart sp. var. hoerense m.

Tafel 3, Fig. 1.

Als eine Varietät von *Dictyophyllum Nilssoni* eher noch als eine neue Art glaube ich, wenigstens vorläufig, eine durch ihre ungewöhnlich breiten Fiedern und dementsprechend breiten Segmente ausgezeichnete Form aus dem Sandstein von Hör aufnehmen zu müssen. Das abgebildete Exemplar stammt aus der Sammlung Nilssons und kommt im Mühlstein vor. Ein anderes Exemplar, das ich selbst im Mühlstein bei Stanstorp 1904 gefunden habe, ist allerdings noch mehr fragmentarisch, deutet aber auf noch längere Segmente. Zu dieser Form gehört vielleicht das von Nilsson in Vetenskapsakademiens handlingar 1820 auf Taf. 6 abgebildete Blatt, das aber zu schlecht erhalten ist, um sich bestimmen zu lassen.

Die Breite der Fiedern dürfte an ihrer Mitte wenigstens 20 Centimeter betragen haben; der Rand der Segmente ist, wie aus der Abbildung hervorgeht, stellenweise gekerbt.

Zeiller (03) hat zwei Arten — *Dictyophyllum Sarrani* und *D. Remayri* — aus Tonkin beschrieben, die an Grösse die vorliegende Form sogar übertreffen, denn die Breite der Fiedern kann bei diesen Arten 30 à 40 Centimeter betragen. Keine derselben kann jedoch mit der Art von Hör identisch sein. Bei *D. Sarrani* sind die Sekundärnerven gewöhnlich ungeteilt und erreichen in den Kerbzähnen sogar den Rand des Segmentes. Bei *D. Remayri* sind die Segmente beinahe gegenständig und im oberen Teil der Fiedern sehr schmal und lang. Auch von *Dictyophyllum rugosum* weicht die Form von Hör beträchtlich ab.

Die verschiedenen Formen von *Dictyophyllum Nilssoni*, die ich bei Pålsjö gefunden und in meinen »Beiträgen zur fossilen Flora Schwedens» vorläufig erwähnt habe, hoffe ich an anderer Stelle besprechen zu können.

Dictyophyllum exile Brauns sp.

Tafel 4; Tafel 5; Tafel 6, Fig. 1—22; Tafel 7, Fig. 2—11.

1862. *Camptopteris exilis* Brauns (excl. synonym.), Der Sandstein bei Seinstedt, p. 54, Taf. 13, Fig. 11. Palaeontographica 9.
1867. *Camptopteris exilis* Brauns, Der Sandstein bei Seinstedt u. s. w. Palaeontographica. 13. p. 244.

Fig. 1. *Dictyophyllum exile* Brauns sp. Blattstiel mit den Gabelästen, in nicht ganz halber Grösse.

1878. *Dictyophyllum exile* Nathorst, Floran vid Bjuf. Häft 1. p. 39, taf. 5, fig. 7.
» » *acutilobum* Nathorst (non Braun). Ibidem p. 38, taf. 11. fig. 1.
» » » Nathorst (non Braun); Floran vid Höganäs och Helsingborg. p. 14, taf. 1. fig. 8.
» *exile* Nathorst, Ibidem, p. 14, taf. 1, fig. 9.
1886. » » Nathorst, Floran vid Bjuf. Häft 3. p. 119.

Als ich das Vorkommen dieser Art in Schonen zum ersten Mal erwähnte, waren nur kleine Fragmente der Fiedern zum Vorschein gekommen. Ehe aber die dritte Lieferung meiner Flora von Bjuf gedruckt wurde, war eine neue pflanzenführende Schicht unterhalb des dortigen untersten Kohlenflözes entdeckt worden, die durch das massenhafte Vorkommen dieser Art gekennzeichnet war. Diese Schicht wurde von mir als die Schicht α von Bjuf oder (Nathorst 80) »die Zone mit *Dictyophyllum exile*» bezeichnet, und ist die älteste pflanzenführende Schicht der kohlenführenden Ablagerungen von Schonen. Ihr geologisches Alter ist ältestes Rät. Da ich eine grosse Menge Exemplare dieser Art bekommen hatte, konnte ich eine ausführliche Beschreibung derselben in meinem kritischen Verzeichnis der Arten von Bjuf (p. 119) geben, allerdings ohne Abbildungen, weil die zur Lieferung gehörigen Tafeln schon gedruckt waren. Ich habe jedoch die Zeichnung eines restaurierten Blattes von *Dictyophyllum exile* 1893 in der Lieferung 10 u. 11 meiner Erdgeschichte (Jordens historia, p. 834) mitgeteilt, die später (1894) auch in meiner Geologie Schwedens (Sveriges geologi, p. 166) reproduziert wurde.

Das Blatt war langgestielt, der Stiel vielleicht 60 Centimeter lang oder noch mehr (der Stiel des in Textfigur 1 wiedergegebenen Exemplars misst unterhalb der Gabelung 33 Centimeter, dürfte aber bei weitem nicht vollständig sein); die Breite des Stieles in verkohltem Zustand beträgt 10—15 Millimeter. Er war vielleicht an der einen Seite gefurcht. Er gabelt sich oben in zwei Äste (Taf. 5, Fig. 1—3), die eine Länge

von wenigstens 20 Centimeter (Taf. 5, Fig. 4) oder noch mehr erreichen können, und die so gegen einander gebogen sind, dass sie einen ovalen Raum umschliessen und sich zuletzt treffen oder sogar kreuzen; mitunter sind sie jedoch mehr parallel. Diese Gabeläste setzen den Blattstiel unmittelbar fort und scheinen vollständig in demselben Plan wie dieser zu stehen. Sie sind um ihre Achse spiralig auswärts gedreht, so dass die Fiedern, die ursprünglich an der inneren Seite der Äste standen, scheinbar von der äusseren abgegeben werden. Stellt man sich vor, dass die beiden Gabeläste von *Matonia pectinata* in entsprechender Weise gedreht worden seien, dann würde die Pflanze einen ähnlichen Bau wie *Dictyophyllum exile* zeigen; die Gabeläste würden auch hier einen ovalen leeren Raum umschliessen. Denkt man sich nun umgekehrt, dass die Drehung der Gabeläste bei *Dictyophyllum exile* wieder aufgehoben worden sei, dann würde der Bau des Blattes vollständig an *Matonia pectinata* erinnern. Das Exemplar Taf. 5, Fig. 2 zeigt den oberen Teil des Blattstiels mit den gedrehten Gabelästen eines kleinen Blattes, während Fig. 3 der Abdruck der Gabeläste und des oberen Teils des Blattstiels eines grösseren Blattes ist. Die den Abbruchstellen der untersten Fiedern entsprechenden Narben befinden sich hier in der Mitte des Stieles unterhalb der Gabelung; man sieht aber, dass die folgenden allmählich infolge der Drehung auf die äussere Seite gebracht worden sind. Das Exemplar Taf. 5, Fig. 4 ist ein Gabelzweig, der eine vollständige Drehung um seine Achse gemacht hat, sodass die oberen Fiedern an der Innenseite abgegeben werden. Ja, es will sogar scheinen, als würde die Drehung fortgesetzt, so dass die letzten Fiedern wieder an der äusseren Seite des Astes abgegeben würden. Ich habe kein anderes derartiges Exemplar dieser Art gesehen; es stimmt hinsichtlich der Drehung des Gabelzweiges mit *Camptopteris spiralis* überein.

Die Zahl der Fiedern schwankt selbstverständlich; ich habe aber an jedem Gabelast bis 24—25 zählen können, und das ganze Blatt würde also in diesem Falle etwa 50 Fiedern gehabt haben. An anderen Exemplaren ist dagegen die Zahl der Fiedern erheblich kleiner, was selbstverständlich von der Grösse und dem Alter des Blattes abhängt. An mehreren Exemplaren sind nur die Spindeln der Fiedern erhalten, während die Spreite selbst zerstört ist (vergleiche umstehende Textfigur 2).

Die fussförmige Teilung der Blätter von *Matonia pectinata* lässt sich nach Diels [1] auf wiederholte Dichotomie zurückführen. Diels sagt nämlich, dass »der innere Gabelzweig, zur Seite gerückt und stark verlängert, die Fiederspindel darstellt, während der entsprechende äussere kurz bleibt, aber viel kräftiger wird und ein Glied eines eigentümlichen, die primären Gabeläste des Petiolus fortsetzenden Sympodiums bildet». Allem Anscheine nach dürfte dasselbe auch bei *Dictyophyllum exile* der Fall sein, was besonders an den Spitzen der Gabelzweige angedeutet ist (Tafel 5, Fig. 2, 5, 6). Da eine ähnliche Dichotomie wahrscheinlich auch bei *Dictyophyllum Nilssoni* vorkommt, dürfte wohl dieser Bau als für die ganze Gattung charakteristisch zu betrachten sein. Auch die Drehung der Gabeläste wird bei den übrigen Arten die Regel sein, denn auch bei ihnen sind ja die Fiedern nur von

[1] Engler & Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien. Teil 1. Abt. 4, p. 344. 1902.

der äusseren Seite der Zweige abgegeben. Hieraus dürfte man schliessen können, dass eine rein fächerförmige Teilung des Blattes bei den Arten dieser Gattung nur bei denen mit stark verkürzten Gabelzweigen vorkommen kann; und sie ist wohl auch hier nur scheinbar.

Nach den Dimensionen des Blattstiels von *D. exile* zu urteilen, vermute ich, dass die grosse *Spiropteris*-Form, die auf Tafel 6, Fig. 1 und 2 abgebildet ist und

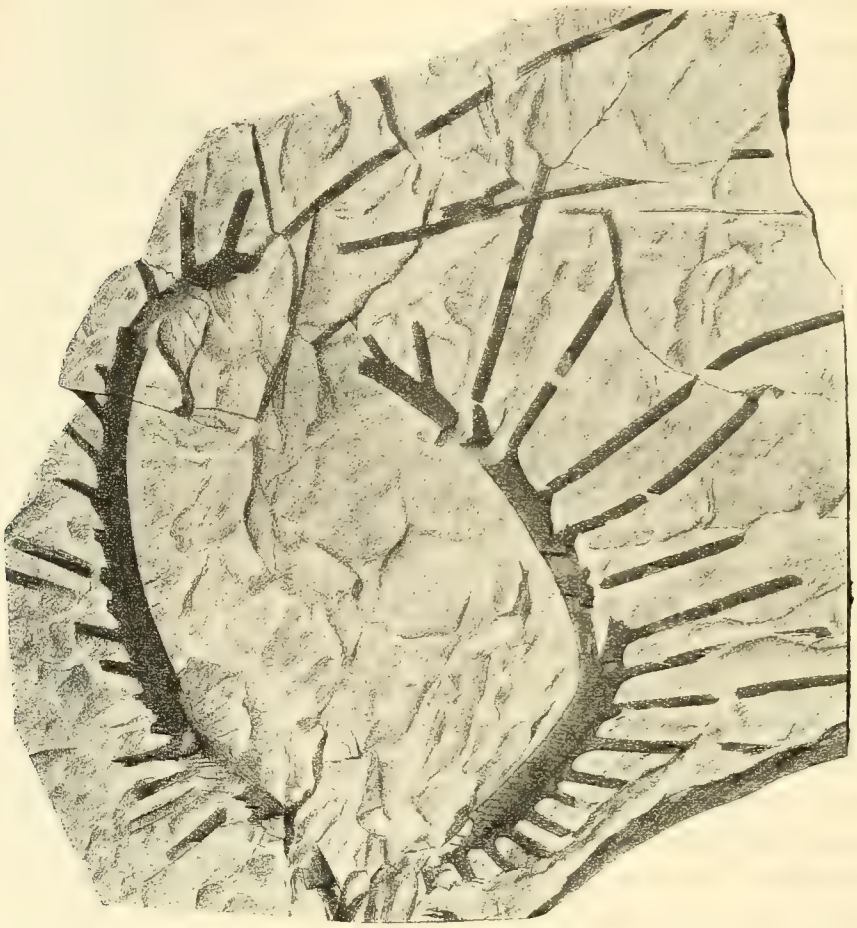


Fig. 2. *Dictyophyllum exile* Brauns sp. Die beiden Gabeläste mit den z. T. erhaltenen Basen der Fiederspindeln, in halber Grösse des Originals.

die mit *Dictyophyllum exile* zusammen vorkommt, hierher gehört, obschon es sich allerdings nicht beweisen lässt. Andere Entwickelungsstadien, die sicher hierher gehören, sind auf Tafel 5 und 6 abgebildet worden. Das Exemplar Taf. 5, Fig. 7 zeigt den oberen Teil des Blattstiels mit den beiden Gabelzweigen und den Anlagen der Fiedern. Diese sind an den Exemplaren Taf. 5, Fig. 8 und Taf. 6, Fig. 3 nur als kleine *Spiropteris*-Formen zu erkennen; etwas mehr entwickelt sind die Exemplare Taf. 6, Fig. 4, 5 und noch mehr Fig. 6, während Fig. 7 eine vereinzelte, an der Spitze noch eingerollte junge Fieder darstellt.

Eine besondere Erwähnung verdienen die eingerollten Fiederspitzen, deren Blattlamina nur an der einen Seite der Spindel entwickelt ist, während sie an der anderen Seite fehlt. Wir haben schon vorher ein ähnliches Exemplar von *Dictyophyllum Nilssoni* kennen gelernt (oben, p. 7, Tafel 3, Fig. 5); dabei wurde auch gesagt, dass entsprechende Exemplare von *D. exile* nicht selten vorkämen. Einige derselben sind auf Taf. 6, Fig. 8—11 abgebildet, von denen das Exemplar Fig. 11, wegen seines wahrhaft blütenähnlichen Aussehens besonders auffällt. Welches die Ursache dieser Erscheinung sei, lässt sich selbstverständlich nicht sagen; sie steht wohl zu irgend welcher (durch Insekten verursachten?) Beschädigung der Knospe in Beziehung.

Die entwickelten Fiedern sind an der Basis deutlich voneinander getrennt (Taf. 4; Taf. 5, Fig. 1), bald gestielt, bald aber bis zum Blattgrund etwas geflügelt. In diesem Falle kann die Blattlamina auch ein Stück auf den Gabelast herablaufen (Taf. 5, Fig. 6). Unter den vielen Exemplaren, die ich gesehen habe, ist ein einziges vorgekommen (Taf. 6, Fig. 23), bei dem die Fiedern an der Basis zusammenfliessen. Dasselbe kündigt wahrscheinlich eine andere Art an, ist aber leider zu unvollständig, um mit Sicherheit entscheiden zu lassen, ob es sich etwa um *Dictyophyllum Nathorsti* Zeiller (03) handeln kann. Bei dieser Art, deren Bau in den Hauptzügen mit *D. exile* übereinstimmt, sind die Fiedern an der Basis bis zu einer Höhe von 5—8 Centimeter durch die Blattlamina miteinander verbunden. So hoch nach oben scheint sich dieselbe aber nicht an dem betreffenden Exemplar von Bjuf zu erstrecken. Es ist also möglich, dass es sich um eine dritte Art handelt, und man könnte dabei an *Dictyophyllum Carlsoni* Nathorst (78: 3) denken, obgleich ja auch eine Mutation von *D. exile* in Frage kommen könnte. Wie es sich in dieser Hinsicht verhält, kann vorläufig nicht entschieden werden.

Über die Länge der vollständigen Fiedern kann ich nur Vermutungen aussprechen, da keine vorliegen. Die Länge der grösseren dürfte aber wenigstens 60 Centimeter betragen haben, denn wir besitzen Exemplare von mehr als 30 Centimeter Länge, die höchstens die halbe Fiederlänge darstellen können. Wie aus den Abbildungen Taf. 4 und Taf. 5, Fig. 1 hervorgeht, nimmt die Breite der Fiedern sehr langsam nach oben zu; unter den nicht abgebildeten Exemplaren findet sich eine unvollständige Fieder von 33 Centimeter Länge, deren Breite am unteren Ende 14, am oberen aber nur 30 Millimeter beträgt. Die mittlere Breite der Fiedern dürfte auf 20—35 Millimeter geschätzt werden können, während die grösste Breite (Taf. 6, Fig. 13, 14) etwa 55—60 Millimeter beträgt, was aber nur selten vorkommt. Diese breiteren Fiederstücke weichen auch in anderen Hinsichten etwas ab, dürften aber nicht von den übrigen Formen getrennt werden können, da Übergänge zu diesen nicht fehlen. Die Spitze der Fiedern ist selten zu finden, es liegen jedoch einige Exemplare derselben vor (Taf. 6, Fig. 18, 19), aus denen hervorgeht, dass die Fiedern spitz waren.

Die Fiedern sind an der Basis ganzrandig oder am Rande etwas wellig; weiter oben kommen allmählich stumpfe Zähne zum Vorschein, die noch höher spitz und zu Fiedersegmenten ausgebildet sind. Die Buchten zwischen den Segmenten sind aber nicht tief, so dass sie meistens kaum die halbe Breite der Lamina an derselben Seite der Spindel erreichen. Die Segmente sind sehr regelmässig, gewöhnlich nicht

gegenständig, etwas nach der Fiederspitze gekrümmt, selten beinahe gerade (Taf. 6, Fig. 16), spitz; es will scheinen, als wären sie besonders an den breiteren Fiedern etwas mehr zugespitzt (Taf. 6, Fig. 12—15). Der Mittelnerv (Spindel) der Fiedern ist kräftig und gibt die Sekundärnerven, die die Spitze der Segmente erreichen, unter sehr offenem, mitunter (Taf. 6, Fig. 16) sogar beinahe rechtem Winkel ab. Der Abstand zwischen den Sekundärnerven ist nicht gross, er variiert meist von 7 bis 11 Millimeter. Von den Nerven dritter Ordnung, die der Mittelnerv abgibt, ist öfters, wie schon Brauns (62) hervorgehoben hat, einer derjenigen, die etwa der Bucht zwischen den Segmenten gegenüber ihren Platz haben, etwas stärker als die übrigen (Taf. 7, Fig. 2, 3, 5—7) entwickelt, etwa wie die »unvollständigen Seitennerven» der Blätter gewisser Laubbäume.

Über den Verlauf der Nerven dritter und folgender Ordnungen sowie über die Gestalt der Nervenmaschen dürften die Abbildungen (Taf. 6, Fig. 16) und zwar besonders die Photographieen (Taf. 7, Fig. 2—7) die besten Aufschlüsse geben, weshalb ich auf dieselben verweise. Die Exemplare Taf. 7, Fig. 3 (rechts), 4 und 7 zeigen Abdrücke der Unterseite einiger Fiederstücke, während Fig. 5 und 6 Fragmente der verkohlten Unterseite selbst darstellen. Es ist möglich, dass die letzten Verzweigungen der Nerven frei endigen.

Fertile Exemplare von *Dictyophyllum exile* sind nicht eben selten und öfters ausgezeichnet erhalten, was von der Grösse der Sporangien und dem kräftig entwickelten Ring derselben abhängt. Auf einer Platte liegen z. B. sechs Fiederstücke, die sämtlich fertil sind. Die Sporangien bedecken die ganze Unterseite der Spreite bis zur äussersten Spitze der Segmente (Taf. 7, Fig. 10) und kommen sogar bis zur Basis der Fiedern (Taf. 7, Fig. 8) vor. Wegen ihrer gedrängten Stellung ist die Zahl der Sporangien in den einzelnen Sori schwer zu ermitteln, es sieht aber aus, als wäre sie ziemlich beschränkt, etwa 4—7, was mit Schenks Angabe (66), laut deren 3—6 bei *Dictyophyllum acutilobum* vorkommen, gut übereinstimmt. Zeiller (03) glaubt deren 5—8 bei *Dictyophyllum Nathorsti* beobachtet zu haben.

Die auf Taf. 6, Fig. 20 und 21 reproduzierten Zeichnungen der Sporangien wurden schon vor mehreren Jahren mit grosser Sorgfalt von Herrn Carl Hedelin ausgeführt. Aber auch die beste Zeichnung kann doch nicht mit einer photographischen Aufnahme wetteifern, weshalb ich hier einige mitteile (Taf. 7, Fig. 8—11). Ich verdanke dieselben einem Photographen ersten Ranges, und zwar meinem Freund und Kollegen, Prof. Dr. G. Holm, der in liebenswürdigster Weise sich erbot, die Aufnahmen zu machen.

Beim ersten Anblick eines fertilen Fiederstücks neigt man zu der Annahme, dass die Sporangien nicht kreisförmig seien, was aber daher rührt, dass man meistens nur einen Teil jedes Sporangiums beobachten kann. Dies hängt sowohl mit der gedrängten Stellung der Sporangien als auch mit dem Umstande, dass der Tonschlamm den unteren Teil derselben bedeckt, zusammen. In den Fällen, wo man die Sporangien von der Seite besehen kann, geht aber ihr kreisförmiger Umkreis deutlich hervor.

Vor allem ist die Grösse der Sporangien auffallend, ihr Diameter beträgt etwa 0,5—0,6 Millimeter. Obschon der Ring überall kräftig entwickelt ist und stark her-

vortritt, war ich lange unschlüssig, ob er als vollständig oder unvollständig zu betrachten sei. So weit ich habe ermitteln können, ist er unvollständig, denn in den Fällen, wo das Sporangium von der Seite sichtbar ist — wie z. B. an den Exemplaren Taf. 7, Fig. 11 rechts (zwischen dem rechten Sekundärnerv und dem Rand der Abbildung) und Fig. 10 (an der rechten Seite des mittleren Sekundärnervs) — kann man den Ring nicht um den ganzen Umkreis verfolgen, er scheint sich vielmehr an der einen Seite allmählich zu verdünnen und endlich zu verschwinden. Da seine Stellung wohl als etwa vertikal zu deuten ist, scheint also der Bau des Sporangiums, was man ja vorher wusste, für die Zugehörigkeit der Pflanze zur Familie der Polypodiaceen zu sprechen. Zum Vergleich teile ich hier (Taf. 6, Fig. 24) auch eine vor mehreren Jahren ausgeführte Zeichnung der Sporangien von *Dictyophyllum acutilobum* (von Höganäs) mit, die mit jenen von *D. exile* vollständig übereinzustimmen scheinen.

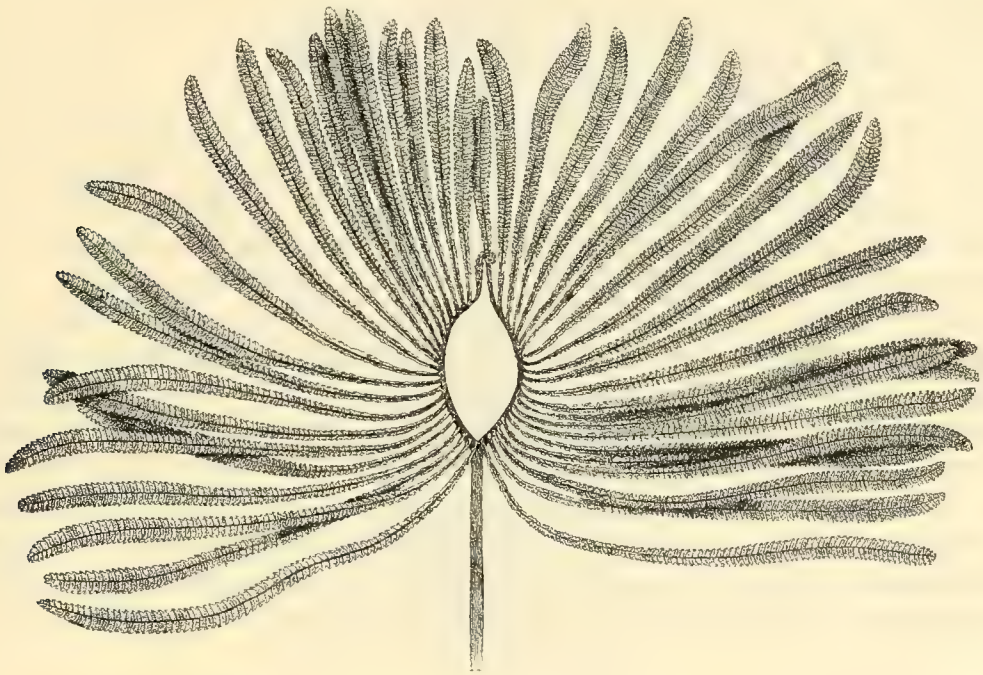


Fig. 3. *Dictyophyllum exile* Brauns sp. Restauriertes Blatt mit dem oberen Teil des Blattstiels, in etwa $^1/_8$ natürl. Grösse. (Nach Jordens historia, 1893, p. 834.)

In der von dem Ring umschlossenen mittleren konvexen Partie des Sporangiums ist mitunter eine netzförmige Skulptur zu sehen (Taf. 6, Fig. 22; vergl. auch die Photographieen), die vielleicht von den Eindrücken der Sporen der Innenseite verursacht ist.

Ich gebe hier (Textfigur 3) das schon erwähnte Bild eines restaurierten Blattes von *Dictyophyllum exile* wieder, das ich seiner Zeit in meiner Erdgeschichte veröffentlicht habe. Es kann selbstverständlich eine vollständige Genauigkeit nicht beanspruchen (die Spitze der Fiedern, die ich damals nicht kannte, ist z. B. etwas zu stumpf), dürfte aber jedenfalls eine ziemlich getreue Vorstellung von dem Aussehen des interessanten Blattes geben können.

Von übrigen Arten der Gattung kommt *Dictyophyllum Nathorsti* Zeiller (03) aus Tonkin der vorliegenden am nächsten, es unterscheidet sich aber von derselben durch die an der Basis bis zu einer Höhe von 5—8 Centimeter durch die Blattlamina verbundenen Fiedern. Der Blattstiel bildet bei dieser Art einen Winkel von 45—55°, ja vielleicht sogar von 90° mit der Spreite. Dass die Gabeläste auch bei dieser Art etwas gedreht waren, scheint mir aus dem Exemplar Taf. 23 bei Zeiller deutlich hervorzugehen. Die Buchten zwischen den Fiedersegmenten scheinen meistens etwas spitzer als bei *D. exile* zu sein, und die Segmente selbst verhältnismässig etwas länger. Falls aber unvollständige Exemplare vorliegen, dürfte es mitunter unmöglich sein zu entscheiden, um welche der beiden Arten es sich handelt. Hierin liegt eine Mahnung, Schlussfolgerungen nicht auf unvollständige Materialien zu gründen. Wenn z. B. F. Kurtz *Dictyophyllum exile* mit *D. acutilobum* vereinigen will,[1] so beweist diese Auffassung nur, dass er keine Vorstellung von dem wirklichen Bau der beiden Arten, von denen schlecht erhaltene Bruchstücke allerdings ähnlich sein können, haben kann.

Ausser *D. Nathorsti* dürfte auch *Dictyophyllum Carlsoni* Nathorst (78: 3) *D. exile* nahe kommen, leider sind aber nur die in »Floran vid Bjuf» (Taf. 5, Fig. 8, 9) abgebildeten Exemplare dieser Art gefunden, falls nicht der oben erwähnte Gabelast zu derselben gehört. Solms (99) hat *D. Carlsoni* von La Ternera in Chile aufgeführt, von wo er in Steinmanns Aufsammlung viele Exemplare untersucht hat, aus welcher Untersuchung hervorgeht, dass das Blatt »eine palmate zusammenhängende Lamina besitzt, die in die einzelnen Hauptfiedern ausgeht, und dass diese nach beiden Seiten die charakteristische sympodiumähnliche Verkettung zeigen, wie sie für *Thaumatopteris* [*Dictyophyllum Münsteri*] seit lange bekannt, an dem in unseren Gärten cultivirten *Adiantum pedatum* jeden Augenblick verglichen werden kann».[2] Die Pflanze wird leider nicht abgebildet, nach der Beschreibung hängen die Fiedern an der Basis wie bei *Dictyophyllum Nathorsti* zusammen. Es ist also möglich, dass das auf Taf. 6, Fig. 23 abgebildete Exemplar aus Bjuf wirklich zu *D. Carlsoni* gehört.

Subgenus Camptopteris Presl emend.

Camptopteris spiralis Nathorst

Tafel 6, Fig. 25—31; Tafel 7, Fig. 12—14.

1878. *Camptopteris spiralis* Nathorst, Floran vid Bjuf. Häft 1, p. 33; taf. 2, fig. 8; taf. 3; taf. 4, fig. 1—6; taf. 8, fig. 1.
1878. » » Nathorst, Floran vid Höganäs och Helsingborg. p. 13.
1886. » » Nathorst, Floran vid Bjuf. Häft 3. p. 118.

[1] F. Kurtz, Sur l'existence d'une flore rajmahalienne dans le gouvernement du Neuquen (Piedra Pintada, entre Limay et Collon-Curá). Revista del Museo de la Plata. T. 10. 1901.

[2] Falls die Fiedern von *Dictyophyllum Münsteri* wirklich wie bei *Adiantum pedatum* gestellt sind, dann würde jene Art von allen übrigen verschieden sein, da sie ja bei diesen nach aussen abgegeben werden. Ich selbst habe nur einzelne Fiedern oder Fiederstücke von *Dictyophyllum Münsteri* gesehen.

Obwohl ich diese eigentümliche Pflanze in meiner Flora von Bjuf schon 1878 ausführlich beschrieben und abgebildet habe, ist dieselbe doch merkwürdiger Weise in den paläophytologischen Handbüchern entweder ganz unberücksichtigt gelassen

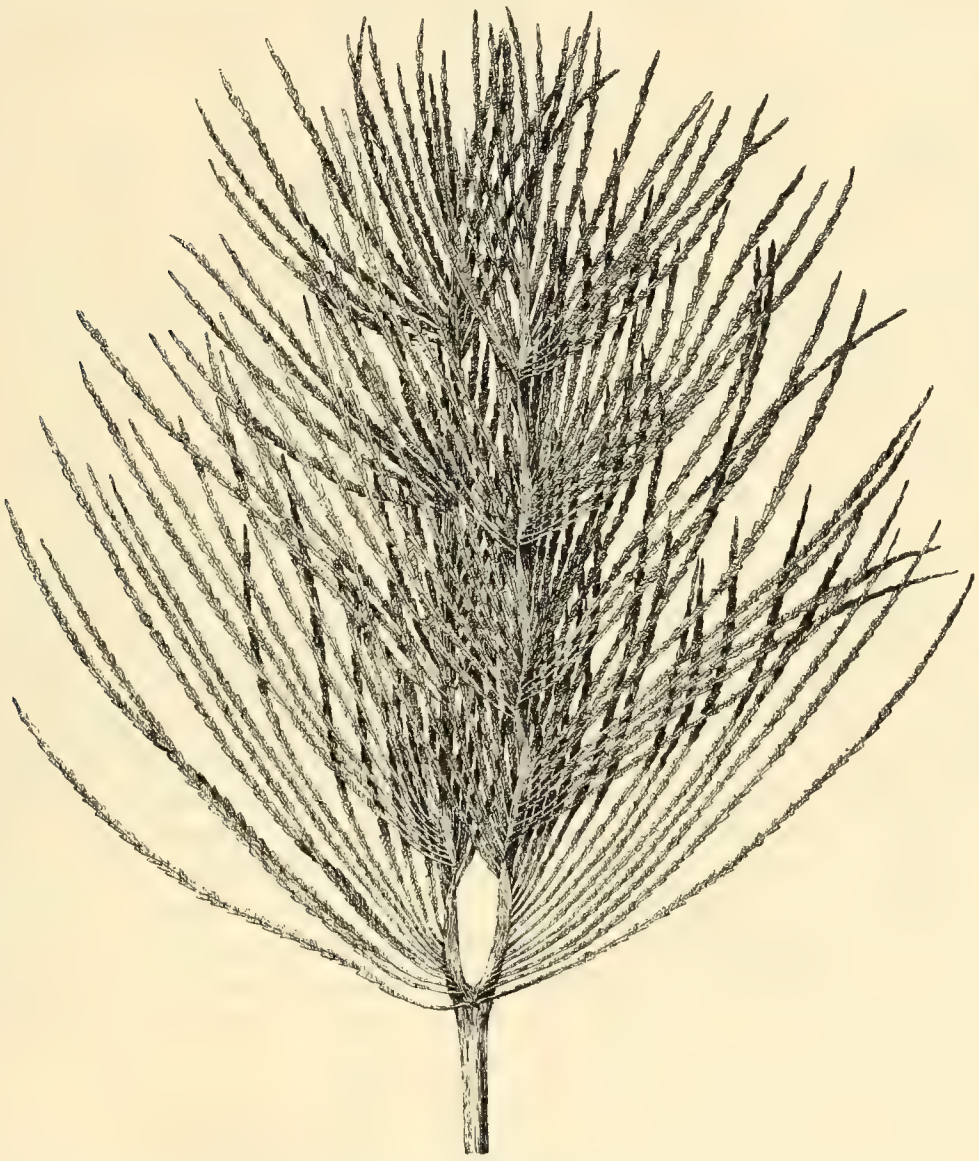


Fig. 4. *Camptopteris spiralis* Nathorst. Restauriertes Blatt in etwa $^1/_3$ natürl. Grösse. (Nach Jordens historia, 1893, p. 837).

oder falsch aufgefasst worden. So spricht Schimper (79) unrichtig von den »regelmässig gefiederten Gabelästen der Spreite», während die spiralige Drehung derselben gar nicht erwähnt wird. Dagegen erwähnen Seward und Dale (01) beiläufig ganz richtig den Bau von *Camptopteris spiralis* in ihrer Arbeit über *Dipteris*, nachdem Seward die Pflanze in Stockholm gesehen hatte.

Es dürfte hier genügen, unter Hinweis auf die ausführliche Beschreibung, die in »Floran vid Bjuf» (besonders p. 118) gegeben ist, sowie auf die dort und hier mitgeteilten Abbildungen, den Bau der betreffenden Blätter in aller Kürze zu erwähnen, wobei auch das umstehende Bild (Fig. 4) eines restaurierten Blattes berücksichtigt werden wird. Dieses Bild ist schon vorher, und zwar 1893 in meiner Erdgeschichte (Jordens historia), später auch in meiner Geologie Schwedens (Sveriges geologi, p. 169, 1894), mitgeteilt worden.

Der lange Blattstiel teilt sich in zwei parallele Gabeläste, die sich in derselben Ebene fortsetzen und die dicht gedrängte einseitig gestellte Fiedern tragen, die wegen der Auswärtsdrehung des Gabelastes eine spiralige Stellung um denselben erhalten (Taf. 6, Fig. 26–28). Während die Drehung des Gabelastes um seine Achse bei *Dictyophyllum exile* meistens nur 180° beträgt — in einem Falle aber noch mehr — setzt sich die spiralige Drehung der Äste bei *Camptopteris spiralis* weiter fort, so dass die Fiedern mehrere Spiralen um den Ast, bis zur äussersten Spitze desselben, beschreiben. Die hier abgebildeten Exemplare sind verhältnismässig klein, grössere Blätter sind auf Taf. 2 und 3 in »Floran vid Bjuf» abgebildet worden.

Die Länge der Gabeläste kann bei kräftigen Exemplaren wenigstens 40 Centimeter betragen, die der Fiedern wahrscheinlich 40—50, und jeder Ast hat in diesem Falle etwa 150—160 Fiedern getragen, was also 300—320 für das ganze Blatt bedeutet. Die untersten Fiedern stehen wie bei *Dictyophyllum exile* unmittelbar unter der Gabelung (Taf. 6, Fig. 25, 27).

Die Fiedern sind sehr schmal, lineal, sie haben entfernt-gesägten Rand und nach der Blattspitze gerichtete Zähne. Sie waren starr-lederig, dick, an der Oberseite derselben ist gewöhnlich nur die Lage des Mittelnervs durch eine Furche angegeben (Taf. 6, Fig. 29) die übrigen Nerven sind an der Unterseite selbst (Fig. 30) oder an den Abdrücken derselben (Fig. 29) zu sehen. Die Sekundärnerven laufen nach den Zähnen, gabeln sich aber öfters, bevor sie die Spitze derselben erreichen, worüber die Abbildungen die besten Aufschlüsse geben. Der Rand der Fiedern ist sehr dick, und zwar umgebogen (Taf. 6, Fig. 29, 30; Taf. 7, Fig. 12—14). Dass es sich wirklich um einen umgebogenen Rand handelt, geht aus der Struktur desselben (Taf. 7, Fig. 14, rechts) an den Exemplaren, deren Unterseite vorliegt, deutlich hervor. Hier kann man nämlich konstatieren, dass diese Struktur durchaus dieselbe ist, die unter dem Mikroskop an der Oberfläche beobachtet werden kann.

Da die beiden Gabeläste immer parallel und auch die Fiedern nach oben gerichtet sind, so unterliegt es keinem Zweifel, dass die Blätter etwa wie bei *Matonia pectinata* starr-lederig gewesen sein müssen. Im übrigen verweise ich auf die Textfigur 4, die besser als jede Beschreibung eine ziemlich gute Vorstellung von dem Aussehen des Blattes geben dürfte. In welcher Hinsicht dieser eigentümliche Bau für die Pflanze vorteilhaft war, lässt sich natürlich nicht entscheiden, diese Organisation hat aber u. a. verursacht, dass eine relativ grosse Anzahl von Blättern sich mit einer verhältnismässig kleinen Bodenfläche begnügen konnte (Floran vid Bjuf, p. 118). *Camptopteris spiralis* ist wahrscheinlich dicht gedrängt auf sumpfigem oder vielleicht zum Teil von Wasser bedecktem Boden gewachsen.

Auch von dieser Art liegen fertile Fiedern vor, deren Unterseite ganz wie bei *Dictyophyllum* von den Sporangien bedeckt ist (Taf. 7, Fig. 12—14), was übrigens schon in »Floran vid Bjuf» erwähnt und (Taf. 4, Fig. 6) abgebildet wurde. Die Sporangien scheinen etwas kleiner als bei *Dictyophyllum* zu sein; sie haben nämlich einen Durchmesser von etwa 0,44—0,50 Millimeter, wobei aber zu bemerken ist, dass diese Art in einem anderen Gestein als *Dictyophyllum exile* vorkommt. Ihre Form scheint etwas mehr kugelig und der Ring verhältnismässig etwas breiter als bei diesem zu sein. Die von der Seite sichtbaren Sporangien scheinen aber sonst gut mit denen von *Dictyophyllum* übereinzustimmen, und ich vermute daher, dass der Ring auch hier unvollständig ist, wie die Bleistiftzeichnung Taf. 6, Fig. 31, die vor mehreren Jahren gemacht wurde, anzugeben scheint. An anderen Exemplaren sieht es allerdings bisweilen aus, als wäre der Ring vollständig; wenn man aber die Beleuchtung wechselt, kommt man doch wieder zu der anderen Auffassung. Man dürfte also, wie schon in »Floran von Bjuf» hervorgehoben wurde, nicht daran zweifeln können, dass *Camptopteris spiralis* zur Hauptgattung *Dictyophyllum* gehört, obschon es opportun ist, dieselbe als Untergattung zu behalten, und zwar für die Arten, deren Blattstiel in zwei parallele, spiralig gewundene Gabeläste geteilt war, und deren lineale, entferntgezähnte oder ganzrandige Fiedern demzufolge eine spiralige Stellung um den Gabelast hatten. Man kann nämlich schon Fragmente dieser Arten sofort von *Dictyophyllum* unterscheiden.

Die Angabe von dem Vorkommen ganzrandiger Fiedern bei *Camptopteris* bezieht sich auf die noch nicht beschriebene *Camptopteris lunzensis* Stur (nomen tantum) aus den Lunzer Schichten, die älteste bisher bekannte Art der Gattung. Wie schon in »Floran vid Bjuf» erwähnt wurde, ist mir seiner Zeit von Stur mitgeteilt worden, dass ihm eine *Camptopteris* von Lunz bekannt sei, deren Bau mit *Camptopteris spiralis* vollständig übereinstimme, obschon die Fiedern ganzrandig seien. Exemplare dieser Art, die ich seiner Zeit von Herrn Bergbauleiter J. Haberfelner für das hiesige Museum erworben habe, bestätigen vollends die Richtigkeit von Sturs Angabe. Die linealen, ganzrandigen Fiedern liegen in bis 1 Centimeter breiten Fragmenten vor, deren Nervatur vortrefflich erhalten ist. Da ich den österreichischen Phytopaläontologen nicht vorgreifen will, beschränke ich mich auf diese Andeutungen.

Zusammenfassung.

Ich habe schon in meiner Flora von Pålsjö darzulegen versucht, dass die horizontal kriechenden gabeligen Rhizome, die ich *Rhizomopteris Schenki* genannt habe, als die Stämme von *Dictyophyllum Nilssoni* aufzufassen sind. Zu welcher Art *Rhizomopteris major* gehört, lässt sich dagegen nicht sagen, da mehrere Arten in der betreffenden Ablagerung bei Bjuf, wo dies Rhizom gefunden wurde, vorkommen. Die Möglichkeit, dass es zu *Dictyophyllum exile* gehöre, ist nicht ausgeschlossen, obschon

auch *Camptopteris spiralis* in Betracht kommen kann. Dass diese etwa ähnliche Rhizome gehabt hat, lässt sich jedenfalls nicht bezweifeln. In einer jüngst erschienenen Abhandlung (Nathorst 06) habe ich ferner darzulegen versucht, dass auch *Clathropteris* kriechende Rhizome hatte — *Rhizomopteris cruciata* Nath. —, die allerdings etwas anders als bei *Rhizomopteris Schenki* gebaut waren.

Über den wahrscheinlichen Bau von *Dictyophyllum* und *Camptopteris* sind wir daher zu folgenden Resultaten gelangt. Die Stämme derselben waren horizontal kriechende, wiederholt gabelige Rhizome, von deren Oberseite die langgestielten Blätter abgegeben wurden. Der Blattstiel, der nach seinem Tode die charakteristische Narbe mit hufeisenförmiger Bündelspur an der Oberseite des Rhizoms zurückliess, gabelte sich oben in zwei Äste, die bei *Dictyophyllum acutilobum*, *Nilssoni*, *Münsteri* und *spectabile* kurz, dagegen bei *Dictyophyllum exile* und *Nathorsti* verlängert und nach aussen gedreht waren. Bei *Camptopteris spiralis* und *lunzensis* waren die Gabeläste sehr lang, und die spiralige Drehung derselben war noch mehr durchgeführt, so dass die Fiedern mehrere Spiralkreise um die Äste beschrieben. Bei den Arten mit verkürzten Gabelästen und ebenso bei *Dictyophyllum Nathorsti* bildete der Blattstiel einen Winkel mit der Fläche der beiden Gabeläste, während diese bei *Dictyophyllum exile*, *Camptopteris spiralis* und *lunzensis* die unmittelbare Fortsetzung des Blattstiels in demselben Plan bildeten. Die Blattfläche der ersten Gruppe dürfte also eine mehr oder weniger wagerechte Stellung gehabt haben, während sie bei *Dictyophyllum exile* mehr senkrecht war. Die Gabeläste der beiden *Camptopteris*-Arten waren allerdings auch etwa senkrecht, hier kann man aber nicht mehr von einer besonderen Fläche des ganzen Blattes sprechen, denn die Fiedern bildeten ja zwei schraubenförmige Flächen um jeden Ast. Die Blätter waren starr-lederig, und die Pflanzen wuchsen, wie schon erwähnt, wahrscheinlich auf sumpfigem Boden oder sogar in seichtem Wasser.

Wir haben die Übergänge von den Blättern der ersten Gruppe bis zu denen des *Camptopteris*-Typus schrittweise verfolgen können, oder vielleicht richtiger von diesen zu jenen. Denn der *Camptopteris*-Typus tritt ja schon in den Lunzer Schichten auf und scheint also der ältere zu sein. In Schweden kommen *Camptopteris spiralis* und *Dictyophyllum exile* nur im ältesten Rät vor, und schon hier findet sich allerdings auch *D. obtusilobum*. Im mittleren und oberen Rät sowie im Lias sind aber nur Arten mit verkürzten Gabelästen bekannt. Man ist also zu der Annahme genötigt, dass der Typus mit langen Gabelästen der ursprüngliche war. Allerdings kommt auch *Clathropteris* schon in den Lunzer Schichten vor, Übergänge von dieser Gattung zu *Dictyophyllum* oder zu *Camptopteris* sind aber bisher nicht bekannt. Doch muss zugegeben werden, dass die Verzweigung der Spreite bei *Clathropteris* in analoger Weise wie bei *Dictyophyllum* stattgefunden zu haben scheint.

Was die Frage von der Verwandtschaft dieser Gattung und *Dipteris* anbelangt, so kommen sowohl Übereinstimmungen wie Unterschiede vor. Wir haben ja auch bei *Dipteris* kriechende, gabelige Rhizome, von denen die langgestielten Blätter abgegeben werden. »Spreite fächerförmig, das Grundgerüst rein dichotom gebaut, in zwei von Grund aus getrennte Hälften zerfallend, die wiederum dichotomisch gelappt

oder zerteilt sind», heisst es bei Diels (02, in Engler & Prantl, p. 203). Die Dichotomie der Spreite bei *Dictyophyllum* ist allerdings vorhanden, aber in anderer Weise, und zwar eher wie bei *Matonia pectinata*, ausgebildet. Dazu kommt ferner die fiederspaltige Teilung der Fiedern von *Dictyophyllum*, die niemals bei *Dipteris* vorkommt. Hierbei soll aber andererseits daran erinnert werden, dass die Fiedern des ältesten Vertreters der Gattung, *Camptopteris lunzensis*, nicht fiederspaltig, sondern ganzrandig waren, weshalb man sich leicht Übergänge von ganzrandigen zu fiederspaltigen Fiedern vorstellen kann, wie sie ja auch tatsächlich in den beiden *Camptopteris*-Arten vorliegen.

Die Sori sind bei *Dipteris* »zahlreich, klein, meist regellos zerstreut» (Diels), während sie bei *Dictyophyllum* die ganze Unterseite des Blattes bedecken. Am auffallendsten ist die Verschiedenheit der beiden Gattungen hinsichtlich der Grösse der Sporangien; denn während diese bei *Dipteris* nach Seward und Dale (01) einen Durchmesser von nur etwa 0,02 Millimeter haben, so beträgt er bei *Dictyophyllum* 0,4—0,6 Millimeter. Dementsprechend ist die Zahl der Sporangien in den einzelnen Sori bei *Dictyophyllum* klein, nur 5—8, während die Sporangien bei *Dipteris* sehr zahlreich sind. Auch die Form der Sporangien ist bei den beiden Gattungen ziemlich verschieden, bei *Dictyophyllum* mehr kreisförmig; ausserdem war der Ring bei diesem anscheinend etwas mehr entwickelt. Ob auch ein Unterschied in der Stellung des Ringes vorliegt, wage ich wegen der Schwierigkeit, dieselbe bei *Dictyophyllum* zu bestimmen, nicht zu sagen.

Ob man, trotz dieser Verschiedenheiten, *Dictyophyllum* zu der Unter-Familie (oder der selbständigen Familie, wie Seward und Dale meinen) *Dipteridinae* bringen kann, darüber wage ich keine bestimmte Meinung auszusprechen. Es wäre aber vielleicht vorsichtiger, die fossilen Arten wenigstens vorläufig als zu einer eigenen Unter-Familie — *Camptopteridinae* — gehörig zu betrachten.

Literatur-Liste.[1]

Brauns, D. (62). Der Sandstein bei Seinstedt unweit des Fallsteins. Palaeontographica 9. p. 47. 1862.

— Der Sandstein bei Seinstedt usw. Ibidem. 13. p. 237. 1866.

Brongniart, Ad. Observations sur les plantes fossiles renfermées dans les grès de Hoer en Scanie. Ann. d. sc. nat. t. 4. p. 200; atlas pl. 11, 12. 1825.

— Histoire des végétaux fossiles. Paris 1828—38. 4°.

Diels, L. (02). Eufilicineae (ausser Hymenophyllaceae) in Engler und Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien. Teil 1. Abt. 4. Leipzig 1902.

Göppert, H. R. Die Gattungen der fossilen Pflanzen. Bonn 1841—46. 4°.

Hisinger, W. Lethaea suecica. Stockholm 1837.

Nathorst, A. G. (76). Bidrag till Sveriges fossila flora. [1]. Växter från rätiska formationen vid Pålsjö i Skåne. K. Svenska Vet. Akad. Handl. Bd 14. N:o 3. Stockholm 1876.

— (78: 1). Bidrag till Sveriges fossila flora. 2. Floran vid Höganäs och Helsingborg. Ibidem. Bd. 16, n:o 7. Stockholm 1878. Auch in Sveriges Geolog. Undersökn. Ser. C, N:o 29.

— (78: 2). Beiträge zur fossilen Flora Schwedens. Über einige rhätische Pflanzen von Pålsjö in Schonen. Stuttgart 1878.

— (78: 3). Om floran i Skånes kolförande bildningar. 1. Floran vid Bjuf. Första häftet. Stockholm 1878. 4°. Sveriges Geol. Undersökn. Ser. C. N:o 27.

— (80). Om de växtförande lagren i Skånes kolförande bildningar och deras plats i lagerföljden. Geolog. Fören. i Stockholm Förhandlingar. 5 (1880—81). Auch in Sveriges Geol. Undersökn. Ser. C N:o 44.

— (86) Om floran i Skånes kolförande bildningar. 1. Floran vid Bjuf. Tredje häftet. Stockholm 1886. Sveriges Geol. Undersökn. Ser. C. N:o 85.

— Jordens historia, utarbetad med särskild hänsyn till Nordens urverld. Stockholm 1888—1894. 8°.

— Sveriges geologi. Stockholm 1892—94. 8°.

— (06). Bemerkungen über *Clathropteris meniscioides* Brongniart und *Rhizomopteris cruciata* Nathorst. K. Sv. Vetensk. Akad. Handl. Bd. 41. N:o 2. 1906.

Nilsson, S. Om försteningar och aftryck af tropiska trädslag och deras blad funne i ett sandstenslager i Skåne. K. Sv. Vetensk. Akad. Handl. 1820.

Schenk, A. (66). Die fossile Flora der Grenzschichten des Keupers und Lias Frankens. Wiesbaden 1866—67. 4°.

Schimper, W. Ph. Traité de paléontologie végétale. 1. Paris 1869. 8°.

— (79). Palaeophytologie. In Handbuch der Palaeontologie herausgegeben von K. A. Zittel. 2. Abteilung. Palaeophytologie. Begonnen von W. Ph. Schimper, fortgesetzt und vollendet von A. Schenk. Leipzig 1879—90. 8°.

Seward, A. C. On the structure and affinities of *Matonia pectinata* R. Br. with notes on the geological history of the *Matonineae*. Philos. Trans. Roy. Soc. London. Ser. B. Vol. 191, pp. 171—209. London 1899.

Seward, A. C. and Dale, Elizabeth (01). On the structure and affinities of *Dipteris*, with notes on the geological history of the *Dipteridinae*. Ibidem, Vol. 194, pp. 487—513. London 1901.

Solms-Laubach, H. Graf zu (99). Beschreibung der Pflanzenreste von La Ternera. In »Beiträge zur Geologie und Palaeontologie von Südamerika. Unter Mitwirkung von Fachgenossen herausgegeben von Dr. G. Steinmann». 7. Das Auftreten und die Flora der rhätischen Kohlenschichten von La Ternera (Chile) von H. Grafen zu Solms-Laubach und G. Steinmann. Neues Jahrb. für Mineralogie etc. Beilageband 12. Stuttgart 1899.

[1] Hier sind nur diejenigen Arbeiten aufgeführt, die im Texte besonders erwähnt werden. Ausführlichere Zusammenstellungen der diesbezüglichen Litteratur finden sich bei Zeiller (03) und Seward u. Dale (01).

Sternberg, Kaspar Graf von. Versuch einer geognostisch-botanischen Darstellung der Flora der Vorwelt. Regensburg, Leipzig und Prag 1820—38. 2 Teile. Folio.

Stur, D. Die obertriadische Flora der Lunzer-Schichten und des bituminösen Schiefers von Raibl. Sitzungsber. d. kais. Acad. d. Wiss. Wien. Math. Naturw. Classe. Bd. 91. Abt. 1. p. 93. 1885.

Zeiller, R. (03). Flore fossile des gites de charbon du Tonkin. Atlas 1902, Texte 1903. Paris. 4°. Études des gites mineraux de la France publiées sous les auspices de M. le ministre des travaux publics. Colonies françaises.

Tafelerklärungen.

Wenn nicht anders gesagt ist, sind die Figuren in der Grösse des Originals wiedergegeben.

Tafel 1.

Dictyophyllum spectabile Nathorst, p. 4, aus dem Hörsandstein.

Tafel 2.

Dictyophyllum Nilssoni Brongniart sp., var. *brevilobatum* Nathorst, p. 5, 6, aus dem Hörsandstein.

Tafel 3.

Dictyophyllum Nilssoni Brongniart sp.

Fig. 1. Var. *hoerense* Nathorst, p. 7, aus dem Hörsandstein.
» 2, 3. Var. *brevilobatum* Nathorst p. 5, 6, aus dem Hörsandstein.
» 4, 5. Var. *genuinum* Nathorst p. 5, aus dem Hörsandstein. Fig. 5 ist eine monströse Form mit eingerollter Wedelspitze (p. 7).
» 6. Junges Blatt aus Pålsjö, das deutlich die Verzweigung der Gabeläste zeigt, p. 6.
» 7. Die beiden verzweigten Gabeläste ohne Blattlamina eines Exemplars aus Pålsjö.
» 8. Die Blattbasis eines jungen Exemplars aus dem Hörsandstein. Die Verzweigung ist hier wegen einer Verschiebung undeutlich.

Tafel 4.

Dictyophyllum exile Brauns sp., p. 7—14.

Teil einer grossen Platte mit den Fiedern in ihrer natürlichen Stellung um die beiden Gabeläste, von denen jedoch nur die Spitze des rechten erhalten ist. Auf diesen Ast kommen 13, auf den linken 5 von den hier sichtbaren Fiedern. Die Tafel gibt nur einen Teil der Platte wieder, einige Fiedern derselben sind nicht unerheblich länger, als sie hier zum Vorschein kommen.

Tafel 5.

Dictyophyllum exile Brauns sp., p. 7—14.

Fig. 1. Zwei Gabeläste und der unterste Teil der Fiedern in ihrer natürlichen Stellung.
» 2. Stielfragment mit Gabelästen eines jungen Blattes.
» 3. Abdruck der Oberseite eines Blattstiels, unmittelbar unter der Gabelung, sowie Abdruck der Gabeläste mit Resten der Fiederspindeln. Der Platz der untersten Fiedern ist durch die Narben angegeben.

Fig. 4. Gabelast, der in einen vollständigen Spiralkreis gewunden ist.
» 5. Spitze eines »entlaubten» Gabelastes.
» 6. Spitze eines Gabelastes mit etwas herablaufenden Fiedern.
» 7. Stielfragment mit den Gabelästen und unentwickelten Fiedern eines sehr jungen Blattes.
» 8. Die eingerollten Fiederanlagen eines jungen Gabelastes.

Tafel 6.

Dictyophyllum exile Brauns sp., p. 7—14.

Fig. 1, 2. Grosse *Spiropteris*-Form, die vielleicht hierher gehört.
» 3. Gabelast mit eingerollten Fiederanlagen.
» 4. Stielfragment mit einem Gabelast, dessen Fiederanlagen etwas mehr entwickelt sind.
» 5. Gabelast mit Fiederanlagen.
» 6. Gabelast mit entwickelteren Fiedern.
» 7. Junge, an der Spitze noch eingerollte Fieder.
» 8—11. Abnorm eingerollte Fiederspitzen.
» 12—15. Teile von breiteren Fiedern, deren Segmente verhältnismässig schmal und spitz sind.
» 16. Stück einer Fieder, deren Sekundärnerven unter etwa rechtem Winkel abgegeben werden.
» 17. Fiederstück normaler Grösse.
» 18, 19. Fiederspitzen.
» 20. Partie von der Unterseite einer Fieder mit den Sporangien, in etwa 4facher Vergrösserung. Ein Teil derselben Partie ist auf Tafel 7, Fig. 9 in 7facher Vergrösserung wiedergegeben.
» 21. Gruppe von Sporangien, etwa 20mal vergrössert.
» 22. Sporangien, stark vergrössert, die netzförmige Skulptur der mittleren Partie zeigend.

Dictyophyllum sp., p. 11.

Fig. 23. Teil eines Gabelastes mit dem untersten Teil der Fiedern.

Dictyophyllum acutilobum F. Braun sp., p. 13.

Fig. 24. Sporangien, in etwa 20facher Vergrösserung.

Camptopteris spiralis Nathorst p. 14—17.

Fig. 25. Oberster Teil des Blattstiels mit den Anhaftungsstellen der untersten Fiedern.
» 26, 27. Gestielte Blätter mit den beiden Gabelästen.
» 28. Partie eines Gabelastes mit den spiralig gestellten Fiederspindeln.
» 29. Fiederstück in doppelter Grösse. Am unteren Teil ist die verkohlte Fieder selbst noch erhalten, während der obere den Abruck der Unterseite der Fieder zeigt.
» 30. Die Unterseite eines verkohlten Fiederstückes in 3facher Grösse.
» 31. Sporangien, etwa 20mal vergrössert.

Tafel 7.

Dictyophyllum spectabile Nathorst, p. 4.

Fig. 1. Fragment einer Fieder aus Franken.

Dictyophyllum exile Brauns sp., p. 7—14.

Fig. 2. Die Oberseite eines verkohlten Fiederstücks von mittlerer Grösse.
» 3. Stück einer Fieder, links mit noch erhaltener verkohlter Oberseite, rechts Abdruck der Unterseite.
» 4. Abdruck der Unterseite eines Fiederstücks.

Fig. 5, 6. Verkohlte Unterseite von zwei Fiederstücken; die Nervenmaschen in ausgezeichneter Erhaltung.
» 7. Abdruck der Unterseite eines Fiederstücks mit ausgezeichnet erhaltenem Abdruck der Nervatur.
» 8. Gabelast mit Fragmenten einiger fertilen Fiedern, die bis an die Basis von Sporangien bedeckt sind. 2fache Vergrösserung.
» 9—11. Partieen von fertilen Fiedern: Fig. 10 in 4facher, Fig. 9 und 11 in 7facher Vergrösserung.

Camptopteris spiralis Nathorst, p. 14—17.

Fig. 12—14. Fertile Fiederstücke, von der Unterseite gesehen: Fig. 12 in 2facher, Fig. 13, 14 in 8facher Vergrösserung. Das Exemplar Fig. 14 stellt ein vom Gestein abgetrenntes Fiederstück dar.

Sämtliche Originale der Abbildungen sind in der phytopaläontologischen Abteilung des Naturhistorischen Reichsmuseums in Stockholm aufbewahrt.

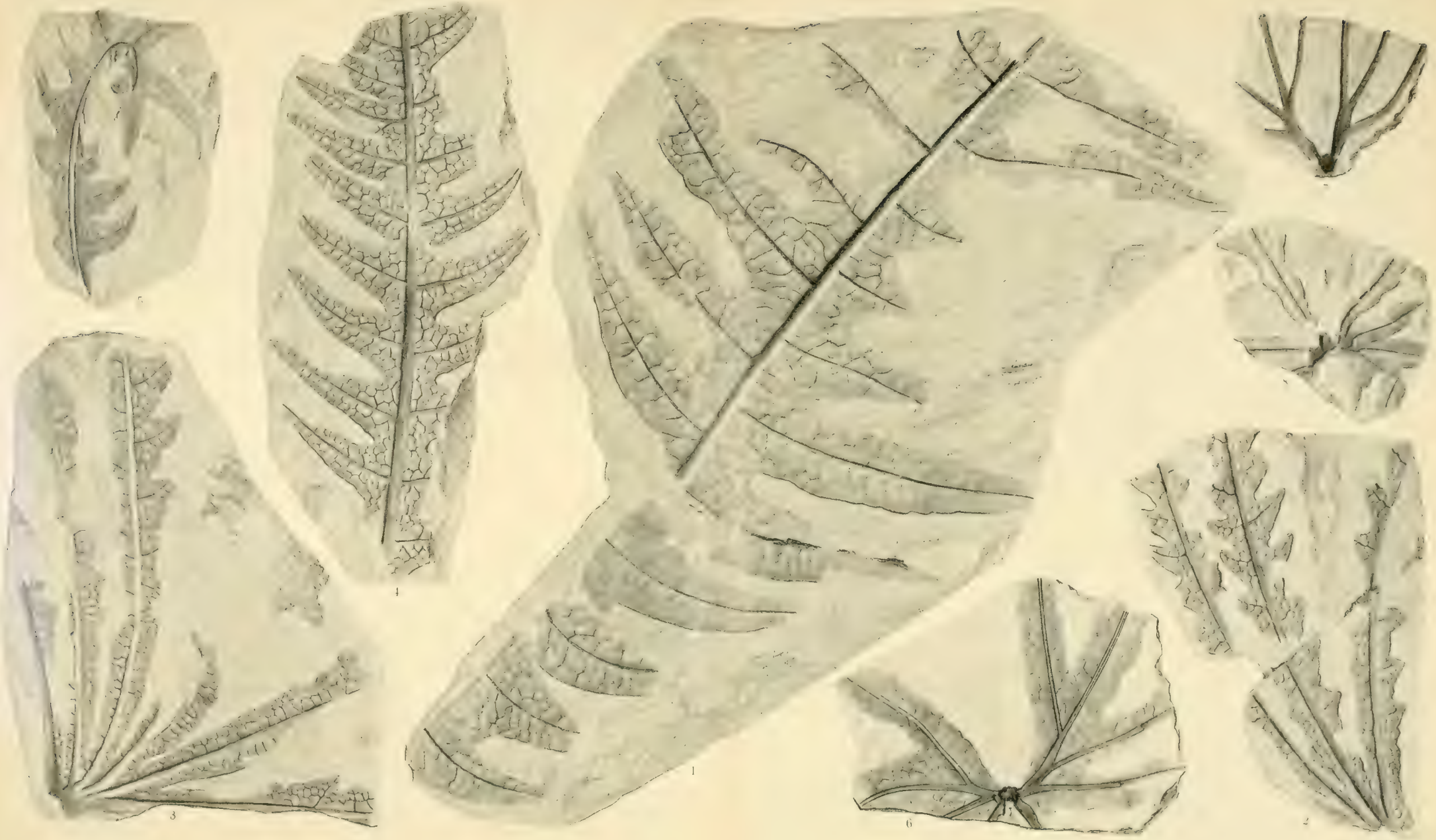
Tryckt den 4 juli 1906.

Uppsala 1906. Almqvist & Wiksells Boktryckeri-A.-B.

C. Fredeln et Th. Ebblom del.

Ljustryck, Justus Cederquist, Sthlm.

Ljustryck, Justus Cederquist, Stihlm



C. Hedenin (1-3, 5, 8) Th. Ekblom (4, 6, 7) del.

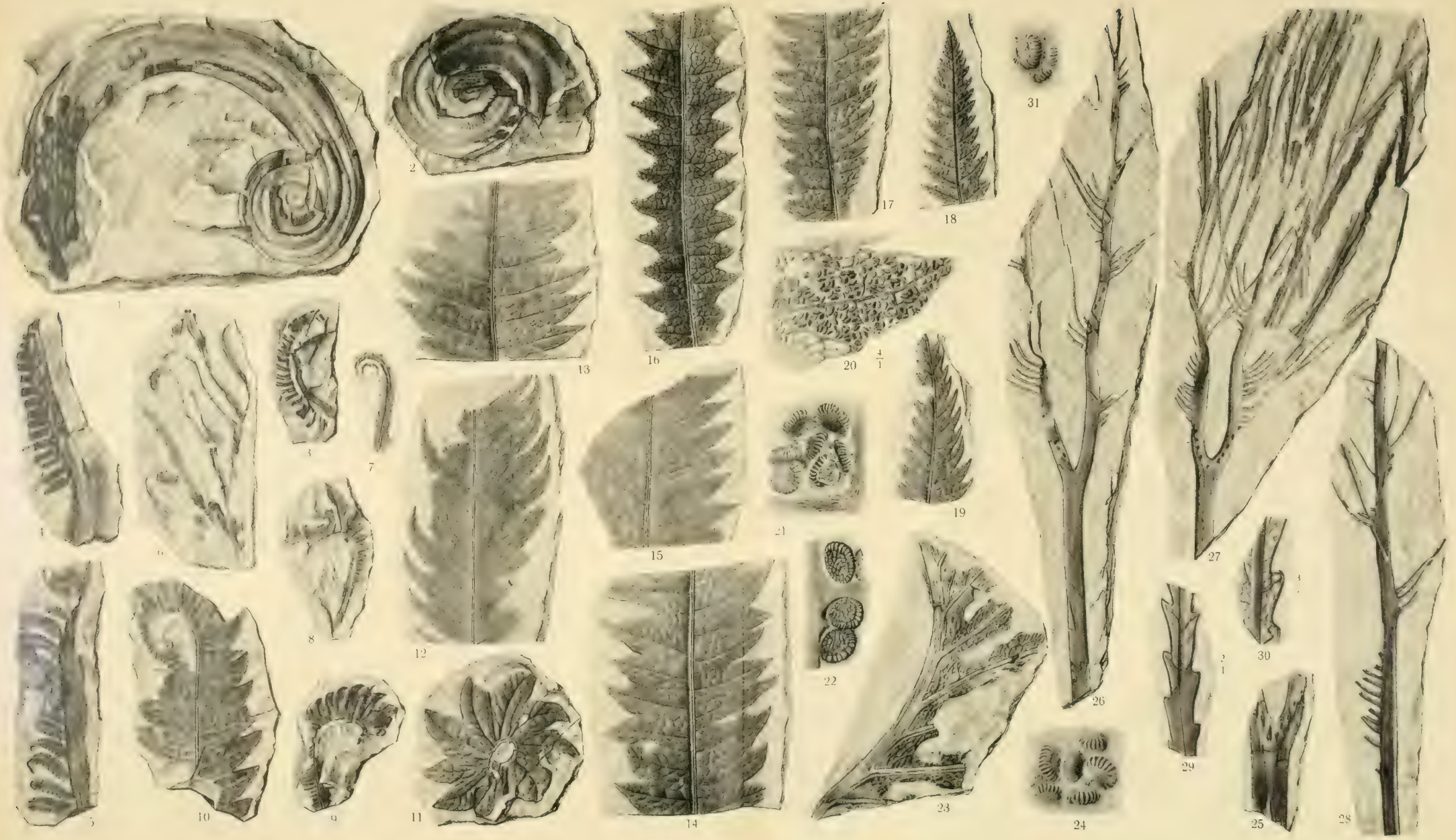
Ljustryck, Justus Cederquist, Sthlm.

Tr. Ekström del.

Lustryck Justus Cederquist Stockholm

Th. Ekblom del.

Ljustryck, Justus Cederquist, Sthm.

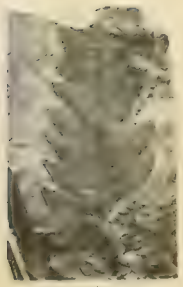


Ljustryck, Justus Cederquist, Sthlm.

1

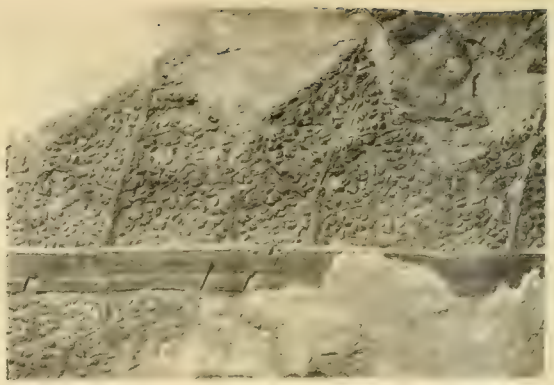
2

3

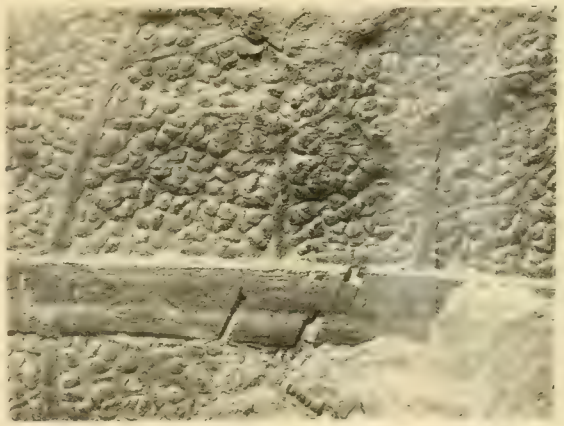


4

5

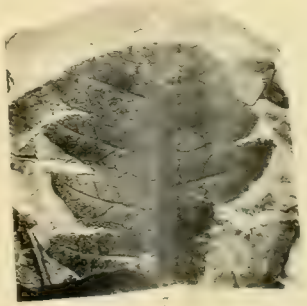


10 $\frac{1}{1}$



11 $\frac{1}{1}$

6



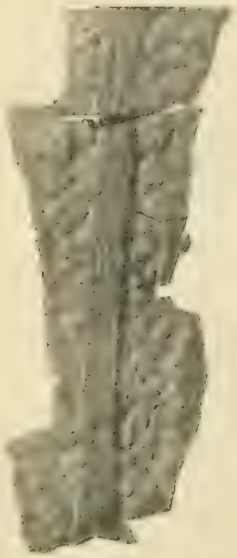
7

9 $\frac{1}{1}$

8 $\frac{1}{1}$

12 $\frac{2}{1}$

13 $\frac{8}{1}$



14 $\frac{8}{1}$

Th. Ekblom (1-7) et G. Fiolm (8-14) phot

Ljustryck, Justus Cederquist, Stolm

Uppsala 1906. Almqvist & Wiksells Boktryckeri-A.-B.

12,297

KUNGL. SVENSKA VETENSKAPSAKADEMIENS HANDLINGAR. Band 41. N:o 6.

EINIGE BEITRÄGE ZUR KENNTNIS

DER

SÜDAMERIKANISCHEN TONGEFÄSSE

UND

IHRER HERSTELLUNG

VON

ERLAND NORDENSKIÖLD

MIT 20 TEXTFIGUREN

MITGETEILT AM 6. JUNI 1906 DURCH O. MONTELIUS UND E. LÖNNBERG

UPPSALA & STOCKHOLM. ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI-A.-B.

BERLIN	LONDON	PARIS
R. FRIEDLÄNDER & SOHN	WILLIAM WESLEY & SON	LIBRAIRIE H. LE SOUDIER
11 CARLSTRASSE	28 ESSEX STREET. STRAND	174 BOULEVARD S:T GERMAIN

KUNGL. SVENSKA VETENSKAPSAKADEMIENS HANDLINGAR. Band 41. N:o 6.

EINIGE BEITRÄGE ZUR KENNTNIS

DER

SÜDAMERIKANISCHEN TONGEFÄSSE

UND

IHRER HERSTELLUNG

VON

ERLAND NORDENSKIÖLD

MIT 20 TEXTFIGUREN

MITGETEILT AM 6. JUNI 1906 DURCH O. MONTELIUS UND E. LÖNNBERG

UPPSALA & STOCKHOLM
ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI-A.-B.
1906

Auf meinen Reisen 1901—1902[1] in Argentina und Bolivia und 1904—1905[2] in Bolivia und Peru habe ich einen Teil der Grenzgebiete der zentralandischen Gebirgskultur nach el Gran Chaco und den Gummiwäldern des Rio Madre de Dios hin besucht.

Auf diesen Reisen sind von mir und einem meiner Reisegefährten auf der ersten Reise, Graf Eric von Rosen, einige Tongefässe von jetzt dort lebenden Indianerstämmen, sowie aus Gräbern und alten Wohnplätzen gesammelt worden. Einige Gefässe, die ich nicht zu Hause mitnehmen konnte, habe ich ausserdem abgezeichnet oder photographiert. Ich beabsichtige hier nicht alle diese Tongefässe zu beschreiben, sondern will nur einige Beobachtungen über ihre Herstellung und Anwendung mitteilen. Ebenso möchte ich einige Eigentümlichkeiten an den Tongefässen, die für verschiedene Teile dieses ausgedehnten Gebietes charakteristisch sind, beschreiben. Dieses Gebiet ist von Stämmen sehr verschiedener Entwickelungsstufen, die unter sehr verschiedenen Verhältnissen leben bewohnt. Einige der hier dargestellten Gesichtspunkte können vielleicht zum Verständnis einiger früheren und jetzigen Kulturgrenzen an den Ostabhängen der Zentralanden beitragen. Sämtliche hier beschriebene Gegenstände gehören der ethnographischen Abteilung des Reichmuseums zu Stockholm, der Graf Eric von Rosen und Dr und Frau A. Pauli sie zum Geschenk gemacht haben (Inv. 03,3, 05,16 und 06,1).

Stämme und Plätze, wo Tongefässe gesammelt sind.

Tongefässe sind von v. Rosen und Verf. 1901—1902 von folgenden jetzt lebenden Stämmen, den Mataco, Chorote[3] und Toba im westlichen Chaco und den Chiriguano an den Ostabhängen der Anden nach dem genannten grossen Waldgebiet hin gesammelt worden. Zwischen San Pedro in der Provinz Jujuy in Argentinien und dem Fort Crevaux am Rio Pilcomayo in Bolivia sind wir mit den Mataco in Berührung gekommen. Chorote haben wir hauptsächlich unweit Tatarenda in Südbolivia und Toba am Fort Crevaux am Rio Pilcomayo angetroffen. Durch Grabungen haben wir

[1] Erland Nordenskiöld. Resa i gränstrakterna mellan Bolivia och Argentina. Ymer 1902. S. 437.
[2] Erland Nordenskiöld. Resa i Perus och Bolivias gränstrakter. Ymer 1906. S. 59.
[3] Eric von Rosen. The Chorotes Indians in the Bolivian Chaco. Stockholm 1904.

viele Tongefässe oder Stücke davon um die Sierra St:a Barbara[1] im südwestlichen Chaco, im Saltatale, in der Puna de Jujuy,[2] in Quebrada del Toro[2] in Nordargentina und im Tarijatale[2] in Südbolivia erhalten.

Von jetzt lebenden Stämmen habe ich 1904—1905 von den Quichua und Aymara auf der andischen Hochebene und von den ganz kleinen Stämmen Atsahuaca und Yamiaca in den Urwaldsgegenden im südöstlichen Peru Tongefässe gesammelt.[3] Durch Grabungen habe ich manche Tongefässe von Hausgräbern, s. g. Chulpas in den Gebirgstälern an den Ostabhängen der Anden in den Grenzgebieten zwischen Peru und Bolivia und schliesslich auf den Wohnplätzen bei Buturo in den Urwäldern östlich von den genannten Gebirgstälern gefunden.

Fig. 1. Verkäuferin von Töpfen St:a Rosa Peru. Phot. E. N.

Die Indianer, die keine Tongefässe benutzen.

Von den Indianerstämmen, die ich auf meinen Reisen besucht habe, haben nur die nahe den Atsahuaca wohnenden Tambopata-Guarayo keine Tongefässe. Sie kochen nämlich ihre Nahrung nicht, sondern rösten sie in Gliedern von Bambusrohr

[1] Erland Nordenskiöld. Präcolumbische Wohn- und Begräbnisplätze an der Süd-Westgrenze von Chaco. Kungl. Svenska Vet. Akad. Handl. 1902. Bd. 36. N:o 7.

[2] Eric von Rosen. Archaeological Researches on the Frontier of Argentina and Bolivia. Stockholm 1904.

[3] Erland Nordenskiöld. Beiträge zur Kenntnis einiger Indianerstämme des Rio Madre de Dios-Gebietes. Ymer 1905 sid. 265.

oder direkt auf dem Feuer. Dass die Tambopata-Guarayo nicht verstehen sollten, Tongefässe zu verfertigen, ist nicht möglich, denn sie leben in friedlicher Verbindung mit den solche verfertigenden Yamiaca. Wahrscheinlich verfertigen sie aus dem Grunde keine Töpfe, weil es ihnen, als einem Wandervolk, zu lästig ist, sie auf ihren Wanderungen mitzunehmen. Die Atsahuaca und Yamiaca verfertigen Tongefässe von ganz einfacher Beschaffenheit. Die ersteren nehmen auf ihren Wanderungen keine mit, und wahrscheinlich auch nicht die Yamiaca. Auch die Chacoindianer, die Mataco, Chorote und Toba haben ebenso wie die Chiriguano, Aymara und alle Quichuasprechenden Indianer Tongefässe. Die Chacoindianer sind zwar ebenfalls ein Wandervolk, das auf seinen Wanderungen durch die schweren Tongefässe in hohem Grade belästigt werden müsste. Der Unterschied ist jedoch hier der, dass die Frauen der Chacoindianer auf den Wanderungen mit schweren Bürden beladen werden, während die Frauen der Tambopata-Guarayo und der Atsahuaca eine geachtetere Stellung einnehmen und auf ihren Wanderungen gleich den Männern nur leichte Lasten tragen. Einige Töpfe mehr oder weniger bedeuten somit bei den Lasten der ersteren nicht viel. Meine Beobachtungen gehen übrigens in der Richtung, dass die nicht Ackerbau treibenden Chacoindianer sesshafter, als die ackerbautreibenden Atsahuaca und Tambopata-Guarayo sind.

Handel mit Tongefässen.

Wenn auch alle diese Indianer, ausser den Tambopata-Guarayo, Tongefässe anwenden so machen sie nicht alle solche selbst. So verfertigen nur einige Quichua Tongefässe. Diese verkaufen sie, oder sie tauschen sie mit anderen Indianern, hauptsächlich desselben Stammes. So findet nördlich und östlich vom Lago Titicaca eine grosse Herstellung von Töpfen bei Pucara, Putina, Asilla, Tirapata, Charassani und an anderen Stellen statt. Die Töpfe werden teils in St:a Rosa (Fig. 1), Pucara, Juliaca und an anderen grösseren Plätzen verkauft, teils nach entfernten Orten östlich von den Anden, wo die Bevölkerung, keine Töpfe verfertigt, exportiert. Sie werden in getrocknetes Gras gepackt und auf Eseln und Llamas transportiert. Dann werden sie gegen Coca, Mais u. dergl. getauscht, oder sie werden verkauft. Käufer sind hauptsächlich die Quichua, aber auch die Apolista, Leco, einige Tacana-sprechenden Indianer und die Weissen.

Ebenso werden nur an gewissen Plätzen im Aymaragebiete, z. B. nahe Ulloma am Rio Desaguadero, Tongefässe verfertigt. Ein solcher Handel mit Tongefässen wird über ganz Südamerika, auch unter den von der Zivilisation unberührten Indianern betrieben.[1]

Brüning[2] beschreibt einen eigentümlichen Brauch von Lambayeque in Nordperu. Dort haben die Töpfer auf ihren Fahrten ihre Waren nicht mit, sondern verfertigen, wenn sie an einen Platz kommen, wo guter Ton ist, die Töpfe dort, verkaufen dieselben an die umherwohnenden Abnehmer und ziehen dann weiter. Die Quichua

[1] Vergl. z. B. K. v. d. Steinen. Unter den Naturvölkern Zentral-Brasiliens. Berlin 1904.
[2] Brüning. Moderne Töpferei der Indianer Perus. Globus. Bd. 74. S. 259.

verfertigen jetzt besonders in Pucara Tongefässe in Gestalt von Reitern, Kühen etc., die sie meistens an Weisse, die mit der Eisenbahn Mollendo-Sicuani (Cuzco) dort vorbeikommen, verkaufen. Einige von UHLE[1] abgebildete Tongefässe von La Paz stammen sicherlich von dieser oder einer ähnlichen Herstellung.

Dieser Handel mit Tongefässen ist von dem Gesichtspunkte aus interessant, dass ein solcher sicher vor dem Eindringen der Spanier auf den Anden betrieben worden ist, und dass wahrscheinlich in vielen Gegenden die Tongefässe, die man z. B. auf einem Begräbnissplatz findet, nicht von demselben Stamme, der seine Toten dort begraben hat, angefertigt worden sind. Dass auch anderer umfassender Handel auf den Anden vor der Entdeckung Amerikas betrieben worden ist, beweisen die Funde von Meerschnecken, die man in Gräbern im Inneren von Argentina und Bolivia gemacht hat.[2] Es wäre deshalb für die richtige Auffassung der Topftypen und ihrer Herkunft von Bedeutung, alle Herstellungsplätze zu kennen. In den Gebirgstälern östlich der Anden in den Grenzgegenden zwischen Peru und Bolivia ist wahrscheinlich vor dem Eindringen der Spanier, gleichwie jetzt, Töpferei nicht vorgekommen, da man auf den Wohnplätzen äusserst wenig Tonscherben findet. Bei Buturo und um die Sierra St:a Barbara ist die Töpferei dagegen, was u. a. aus den grossen Massen dort angehäufter Tonscherben hervorgeht, in grossem Massstabe betrieben worden.

Arbeitsteilung zwischen Männern und Weibern bei der Herstellung von Thongefässen.

Bei den Mataco, Chiriguano, Yamiaca und Atsahuaca, die alle ihre Töpfe selbst anfertigen, ist die Tongefässherstellung Frauenarbeit; bei den Chiriguano und Mataco und wahrscheinlich auch bei den anderen sind es jedoch nur ältere Frauen, die diese Arbeit verrichten. Bei den Quichua nehmen auch die Männer an solcher Arbeit teil. Bei diesen letzteren findet sich auch, wie erwähnt, an gewissen Plätzen eine entwickelte Tonwarenindustrie, in der viele Familien einen grossen Teil ihres Lebensunterhaltes verdienen. Es existiert deshalb bei ihnen zwischen den Geschlechtern keine Arbeitsteilung. Die Quichuaverkäufer von Tongefässen, die ihre Erzeugnisse über die Anden bringen, sind, wenigstens in den Fällen, wo ich sie gesehen habe, Männer gewesen. An den grossen Plätzen, in der Nähe der Herstellungsplätze, wie S:ta Rosa, Pucara und Juliaca sind es in der Regel die Frauen, die den Verkauf in der Hand haben (Fig. 1). Ob bei den Aymara nur Frauen oder auch gleichzeitig Männer Tongefässe anfertigen, weiss ich nicht.

Bereitung des Tones zu Tongefässen.

Die Quichua[3] mahlen zuerst den Ton, aus dem sie Gefässe formen wollen, zwichen zwei Steinen. Bei Buturo im nordöstlichen Bolivia, wo sich, wie erwähnt,

[1] MAX UHLE. Kultur und Industrie Südamerikanischer Völker. Bd. 2. Pl. II. Berlin 1890.

[2] ERLAND NORDENSKIÖLD. Präcolumbische Wohn — etc. l. c. Vergl. auch L. LEJEAL. La Collection de M. de Sartiges et les »Aryballes» péruviens du Musée ethnographique du Trocadéro. International Congress of Americanists. New York 1902 (gedruckt 1905). S. 75.

[3] Das hier über die Tongefässherstellung bei den Quichua berichtete sind Beobachtungen in Tirapata; möglicherweise ist an anderen Plätzen ein Teil der Herstellungsmethoden verschieden.

ein Herstellungsplatz für Töpfe befand, hat man den Ton auf grossen Mahlsteinen (Fig. 2), von denen man überall in den Urwäldern eine Menge antrifft, gemahlen. Dass diese Steine zu diesem Zwecke angewendet wurden, geht aus den vielen Klumpen gebrannten Tones, die sich darum angesammelt haben, und aus der starken Abnutzung, denen sie ausgesetzt waren, hervor.

Sämtliche Stämme mengen dem Tone Sand, z. B. die Quichua, oder ziemlich grob zerstossene alte Tonscherben, z. B. die Atsahuaca, bei. Nach Domenico del Campana[1] mengen die Toba den Ton mit der Asche verbrannter Knochen. Auf gleiche Weise ist der Ton in den Tongefässen, die man hier in Gräbern oder auf alten Wohnplätzen findet, zubereitet; so ist z. B. der Ton in einem im Saltatale gefundenen grossen Topfe stark mit weissem Glimmer vermengt. Wie bekannt, wird der Ton auf diese Weise gemischt, um die Gefässe stärker zu machen.[2] Bei der Zubereitung des Tones wird natürlich viel Wasser angewendet.

Fig. 2. Mahlstein im Urwalde bei Buturo. Bolivia. Phot. E. N.

Das Formen der Tongefässe.

Die einfachste Weise des Formens von Tongefässen ist, dass man einen Tonklumpen allmählich mit den Händen aushöhlt und erweitert.[3] So sind verschiedene kleine Tongefässe von den Chacoindianern, und auch, soweit ich es verstehen konnte, die Tongefässe der Atsahuaca und Yamiaca hergestellt. Sie sind auch unregelmässig. Die Tongefässe der Atsahuaca und Yamiaca haben an der Mündung der Töpfe einen Radiusfehler von durchschnittlich $7^1/_2$ mm. Ich meine hier mit Radiusfehler den Unterschied zwischen dem grössten und kleinsten Radius. Einige ganz kleine von den Aymara angefertigte und auf dem Markte in La Paz verkaufte Näpfe sind offenbar nach dieser Methode angefertigt. Wahrscheinlich sind auch einige der kleineren und mittelgrossen in Gräbern und auf Wohnplätzen in der Puna de Jujuy und Quebrada del Toro in Nordargentinien gefundenen Töpfe mit der Hand geformt. Der Radiusfehler ist dort bei Töpfen mit 20—25 cm Durchmesser über 4 mm, und bei Töpfen mit 10—20 cm Durchschnitt nahezu 2 mm, was, wie wir im Folgenden sehen werden, recht bedeutend ist. Verchiedene kleine und die grössten Töpfe aus den genannten Gegenden sind wahrscheinlich nach derselben Methode aufgebaut, wie die Chiriguano sie anwenden (s. unten).

---

[1] Domenico del Campana. Contributo All'Etnografia dei Toba. Arch. d'Antropologia. Firenze 1903, S. 287.

[2] Vergl. W. H. Holmes. Aboriginal Pottery of the Eastern United States. 20th Annual Report of the Bureau of American Ethnology. 1898—1899. S. 15.

[3] Vergl. K. v. d. Steinen. l. c.

Die Chiriguano, Mataco und wahrscheinlich auch die anderen hier genannten Chacostämme formen die Töpfe so, dass sie dieselben Wulst auf Wulst aus schmalen Tonrollen aufbauen. Diese Methode ist weit über die ganze Erde hin verbreitet.[1]

Von Südamerika wird sie u. a. von HAWTREY,[2] PHILIPPI[3] und EHRENREICH[4] erwähnt und beschrieben. HAWTREY (S. 285) beschreibt die Topfherstellung bei den den hier genannten Chacoindianern nahe stehenden Lengua auf folgende Weise: »Water pots, and cooking pots deep and rather conical in shape, for standing upright among the ashes, are made by first rolling the clay between the hands in rolls about 9 inches long, and adding on piece by piece in the requisite shape.»

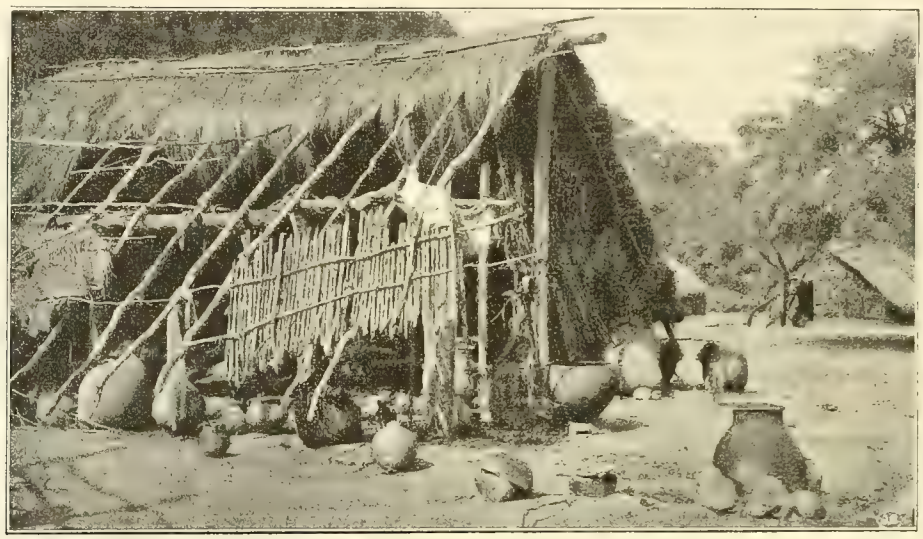


Fig. 3. Chiriguano Weib, beschäftigt mit Topfherstellung. Phot. E. v. Rosen.

In Fig. 3 ist eine mit einer solchen Herstellung beschäftigte Chiriguanerin abgebildet. Sie arbeitet an dem Aufbau einer grossen Urne. In der Hand hält sie einen Stein, mit dem sie die Oberfläche des Gefässes formt und glättet.

Eigentümlich ist, dass die Indianer die Tongefässe mit dieser einfachen Methode so regelmässig bekommen. Der Radiusfehler an Tongefässen mit einem Durchmesser (Öffnung) von 15—20 cm ist etwas unter 1 mm, und bei Töpfen mit einem Durchmesser von 20—30 cm etwas über 1 mm. Dies ist ja ein bedeutend besseres Resultat, als das durch Aushöhlen und Erweiterung eines Tonklumpens mit der Hand erzielte, und dem mit einer einfachen Drehscheibe erhaltenen wenig unterlegen.

---

[1] W. H. HOLMES. Aboriginal Pottery etc. l. c. und E. KRAUSE. Über die Herstellung vorgeschichtlicher Thongefässe. Verh. Berl. Gesell. für Anth. etc. Berlin 1902. S. 409.

[2] SEYMOUR H. C. HAWTREY. The Lengua Indians of the Paraguayan Chaco. Journal Anthropological Institute. London, July—Dec. 1901. S. 280.

[3] PHILIPPI. Über Töpfe, Stein- und Metallgeräthe bei den Indianern Chile's. Verh. Berl. Gesell. für Anthr. 1873. S. 101.

[4] P. EHRENREICH. Beiträge zur Völkerkunde Brasiliens. Veröffentlichungen aus dem Königlichen Museum für Völkerkunde, Bd. II ½ Heft. Berlin 1891.

Die Mataco verfertigen, wie genannt, auch ihre grösseren Tongefässe nach dieser Methode. Die Gefässe der Chacoindianer haben auch, obschon sie nachlässiger gearbeitet sind, als die der Chiriguano, an Töpfen mit einer Öffnung von 10—15 cm nur einen Radiusfehler von $1^1/_3$ mm.

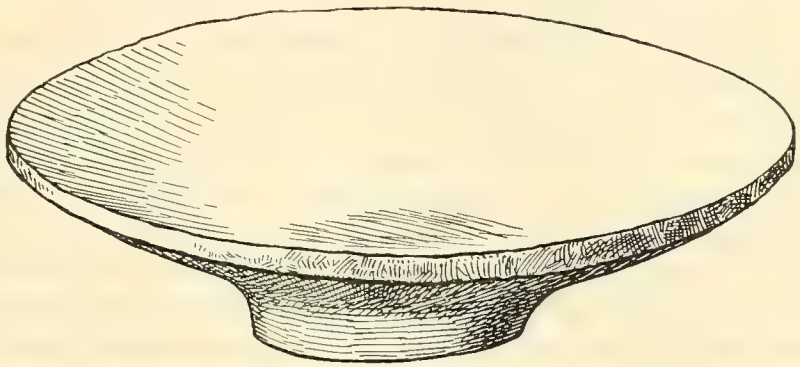


Fig. 4.

Fig. 5.

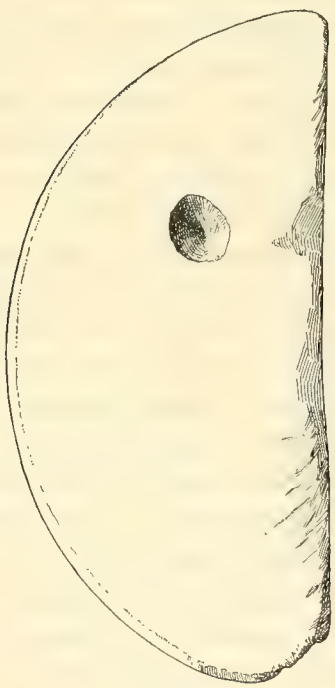


Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 4. $^1/_2$. Drehscheibe. Quichua, Tirapata, Peru. Inv. 05. 16. 282.
Fig. 5. 6. 7. Geräte zum Formen von Tongefässen. Quichua, Tirapata, Peru. Fig. 5. $^1/_2$. Inv. 05. 16. 288. Fig. 6. $^1/_2$. Inv. 05. 16. 284. Fig. 7. $^1/_2$. Inv. 05. 16. 283.

Auf diese Weise sind auch die Töpfe, die man auf den Wohnplätzen in den Urwäldern bei Buturo antrifft, verfertigt, was man daraus sehen kann, dass an mehreren Gefässen die Fugen zwischen den Tonrollen nicht vollständig verwischt sind. Die Buturogefässe sind deshalb auch oft in solchen mangelhaften Fugen zerbrochen.

Wie schon gesagt, sind viele grössere Gefässe von der Puna de Jujuy sowie die meisten Tongefässe, die man auf Wohn- und Begräbnisplätzen in der Sierra S:ta Barbara trifft, auf diese Weise angefertigt, da man auch bei ihnen, wenn auch selten, solche mangelhafte Fugen entdecken kann. Wahrscheinlich sind auch die Gefässe, die man im Tarijatale findet, so hergestellt. Die Tongefässe von der Sierra S:ta Barbara haben bei Töpfen mit einer Öffnung von durchschnittlich 17—22 cm einen Radiusfehler von etwas über $1\frac{1}{2}$ mm. Bei den Töpfen des Tarijatales sind die entsprechenden Zahlen etwas über $1\frac{1}{2}$ mm bei 17—24 cm.

Die Quichua wenden bei der Tongefässherstellung eine sehr einfache Drehscheibe an. Diese (Fig. 4), die aus gebranntem Ton ist, besteht aus einer runden Scheibe an einem kurzen Stiel. Soll ein Tongefäss geformt werden, wird die Drehscheibe auf einen flachen Stein gestellt. Ein Tonklumpen wird grob mit den Händen geformt und auf die Scheibe gestellt. Dann wird die Scheibe mit der einen Hand in Bewegung gesetzt und der Tonklumpen mit einer kleinen, je nach der Grösse und Form, die man dem zu formenden Gefäss geben will, verschiedenen Scheibe geformt. Fig. 5 wird zum Formen von Schalen angewendet. Sie ist aus gebranntem Ton. Die Scheibe Fig. 6 wird zu bauchigen und die gleichmässig schmale Fig. 7 zu flaschenförmigen Töpfen angewendet. Die Geräte Fig. 6 o. 7 sind aus Holz. Hals und Rand, Henkel u. dergl. werden dann mit der Hand geformt. Während des ganzen Formprozesses, der sehr schnell hergeht, werden Ton und Geräte beständig mit Wasser benetzt. Die auf diese Weise hergestellten Tongefässe werden noch regelmässiger, als die aus Tonrollen aufgebauten. So ist der Radiusfehler an Quichua-Tongefässen mit einer Öffnung von 15—20 cm Durchmesser nur $\frac{1}{2}$ mm und an Aymara-Gefässen, die offenbar in derselben Weise angefertigt werden, ebenso klein. Wenn das Ganze fabrikmässig zugeht, werden Serien von gleichgrossen Tongefässen hergestellt.

Es wird angenommen, dass man vor der Entdeckung Amerikas die Drehscheibe in diesem Weltteile nicht kannte.[1] [2] Man muss deshalb annehmen, dass diese Erfindung den Quichua von den Weissen mitgeteilt worden ist, obschon diese, so weit mir bekannt ist, im Quichuagebiete nicht selbst Tongefässe angefertigt haben. Von den Weissen haben die Quichua und Aymara auch das Glasieren gelernt.

Bei Queara im nordöstlichen Bolivia habe ich in einer Grabgrotte eine Topfscherbe gefunden, auf dessen Boden man deutlich den Eindruck von Korbgeflecht sieht. Wahrscheinlich ist er in einen Korb geformt worden, wie es die Zuñi[3] in Nordamerika zu tun pflegen. Ein auf gleiche Weise hergestelltes Tongefäss hat Ambrosetti[4] von Catamarca in Argentina (Calchaqui) beschrieben. Die Herstellung von Tongefässen durch Formen über einen runden Stein, wie es Brüning[5] von Lam-

[1] Holmes, Aboriginal Pottery l. c.
[2] Uhle, l. c.
[3] Holmes, Use of Textiles in Pottery making. American Anthropologist 1901.
[4] Juan B. Ambrosetti, Algunos vasos ceremoniales de la region Calchaqui. Anales del Museo Nacional Buenos Aires 1902.
[5] Brüning, l. c.

bayeque in Nordperu beschreibt, habe ich in den von mir bereisten Gegenden nicht gesehen und glaube auch nicht, dass derartiges dort vorkommt.

Putzen der Oberfläche der Tongefässe.

Nachdem die Tongefässe geformt sind, wird die Oberfläche geebnet und geglättet. Hierzu wenden die Chiriguano und Mataco einen länglichen, runden Stein oder die letzteren auch die harte Schwanzspitze eines Gürteltieres (Tolypeutes conurus) an. Dies letztere hat seinen Grund darin, dass es in grossen Teilen von Chaco, wo die Mataco leben, leichter ist, eines Gürteltieres, als eines Steines habhaft zu werden. Die Quichua glätten zuerst mit einem Stücke Kalebasse und dann mit einem Stück Leder. Die Atsahuaca wenden gleichfalls ein Stück Kalebasse an.

Die mit Steinen geglätteten Töpfe werden glänzend, die Oberfläche wird jedoch hier und da uneben und voll von charakteristischen, ein oder mehrere mm breiten, gekreuzten, seichten Furchen. Einige Matacotöpfe, die überall gekreuzte Ritzen von ungleicher Breite zeigen, sind wahrscheinlich mit einem Gürteltierschwanz geputzt. Die mit einem ledernen Lappen geglätteten Töpfe haben eine Menge stückweise parallele ganz feine Ritzen von den Sandkörnern, die der Lederlappen mitführt. Ähnliche Marken dürfte auch ein Zeuglappen hinterlassen. Die bei den archäologischen Ausgrabungen angetroffenen Töpfe sind, den auf ihrer Oberfläche zu findenden Marken nach zu urteilen, meistens mit Steinen oder zuweilen mit Leder (Zeug?) geglättet. Sowohl an den Herstellungsplätzen von Tongefässen um die Sierra S:ta Barbara in Argentina sowie bei Buturo im nordöstlichen Bolivia findet man derartige längliche, runde Steine, wie sie die Chiriguano und Mataco jetzt anwenden, in reichlichen Mengen.

Die Töpfe, die man bei Casabindo in der Puna de Jujuy in Nord-Argentina findet, sind offenbar mit Steinen oder auch zuweilen mit Leder (Zeug?) geglättet. Die Töpfe, die man südlich von der Puna de Jujuy in Quebrada del Toro und im Saltatale antrifft, sind ebenfalls zuweilen mit Leder und Steinen geglättet. Bei den meisten hat man jedoch die Oberfläche der Gefässe mit einem wahrscheinlich kammförmigen Gerät geglättet, das Marken in Gestalt paralleler feiner Ritze hinterlässt. Solche Marken sieht man nicht an den bei Casabindo gefundenen Töpfen. Dies beweist, dass von Quebrada del Toro bis Casabindo kein Topfhandel existiert hat, obschon dies ein wichtiger Handelsweg gewesen sein muss. Dagegen ist es möglich, dass ein solcher Handel von der ersteren nach der letzteren Stelle betrieben worden ist, und dass die mit Steinen geglätteten Töpfe, die man z. B. bei Ojo de Agua in Quebrada del Toro findet, oben in der Puna gefertigt worden sind. Es erscheint mir kaum glaublich, dass die mit Steinen und die mit »Kämmen» geglätteten Töpfe auf demselben Platze angefertigt worden seien. Die mit Steinen geglätteten Töpfe sind auch regelmässiger in der Form und offenbar von geschickten

[1] Nach Hawtrey, l. c. S. 285, glätten die Lengua mit Muschelschalen, »when half dry the pots are scraped, and polished with the smooth rim of a shell». Nach Philippi, l. c. wenden auch die chilenischen Indianer Muscheln an, um die Oberfläche der Tongefässe glatt zu machen.

Töpfern angefertigt. Dass sowohl die mit Steinen wie die mit »Kämmen» geglätteten Töpfe von Ojo de Agua ungefähr aus derselben Zeit stammen, geht daraus hervor, dass v. ROSEN sie zusammen in den Gräbern gefunden hat.

Solche kleinen Details wie diese verdienen an den feineren peruanischen Töpfen, die jetzt stark verfälscht werden, studiert zu werden. Zu diesem Zwecke müsste man Gelegenheit haben, eine Menge solcher Tongefässe, die alle mit Sicherheit echt sind, zu untersuchen.

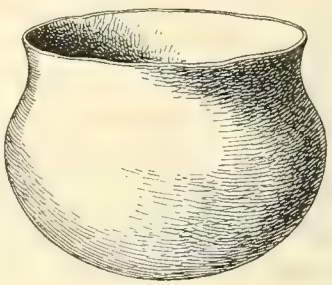


Fig. 8.

Fig. 9.

Fig. 10.

Fig. 8. 1/4. Topf. Atsahuaca, Peru. Inv. 05. 16. 456. Fig. 9. 1/2. Henkeltopf mit Ornamenten von Nägeleindrücken. Toba, Chaco, Bolivia. Inv. 03. 3. 743. Fig. 10. Tongefäss von den Chiriguanoindianern. Bolivia. Inv. 03. 3. 833.

Ornamentierung der Tongefässe.

Die Atsahuaca und Yamiaca versehen ihre Tongefässe mit gar keinen Ornamenten (Fig. 8). Auf den Tongefässen der Chacoindianer, der Mataco, Chorote und Toba befinden sich keine anderen Verzierungen als Reihen von hauptsächlich (oder immer?) durch Finger- und Nägeleindrücke verursachte Erhebungen und Vertiefungen. Besonders deutlich sieht man die Marken von den Nägeln (Fig. 9). Durch Fingereindrücke erzielte Ornamente finden sich auch an einfacheren von den Chiriguano hergestellten Tongefässen. Die Chiriguano haben jedoch auch hübsch bemalte Gefässe. Für diese charakteristische Ornamente hat der Fig. 10 abgebildete Topf. Das von v. ROSEN mitgebrachte Material reicht zu einem näheren Studium derselben nicht aus.

Auch die Quichua und Aymara haben bemalte Gefässe, aber sie haben keine so charakteristischen Ornamente wie die Chiriguano-Tongefässe. Für Ulloma (Aymara) sind Schalen mit Pflanzenornamenten eigentümlich. Sie sind wahrscheinlich Imitationen europäischer Tonwaren. Die Tongefässe, die man in den Hütten der Quichua und Aymara sieht, haben im Allgemeinen keine, oder nur äusserst einfache Ornamente, so dass alle oder beinahe alle feinere Topfware von ihnen wahrscheinlich nur für Rechnung der Weissen angefertigt wird.

Die Tongefässe, die man auf den Wohnplätzen bei Buturo im nordöstlichen Bolivia findet, haben Ornamente, die gebildet sind, indem man Tonrollen auf die Aussenfläche der Gefässe legte. Es wurden ganz einfach die zum Aufbau der Tongefässe angewendeten Tonrollen auch zum Schmücken derselben verwendet (Fig. 11). Es war eine direkt aus der Technik entstandene Ornamentik. Einige Topfscherben, die man bei Buturo findet, haben auch bemalte Ornamente (Spiralen), die Farbe ist aber nicht eingebrannt und nutzt sich sehr leicht ab. Topfscherben mit durch Ein-

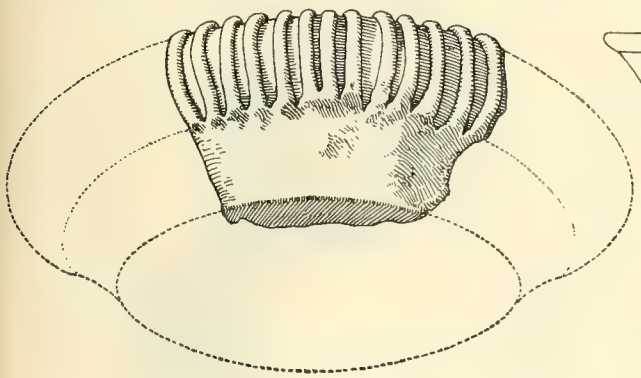


Fig. 11.

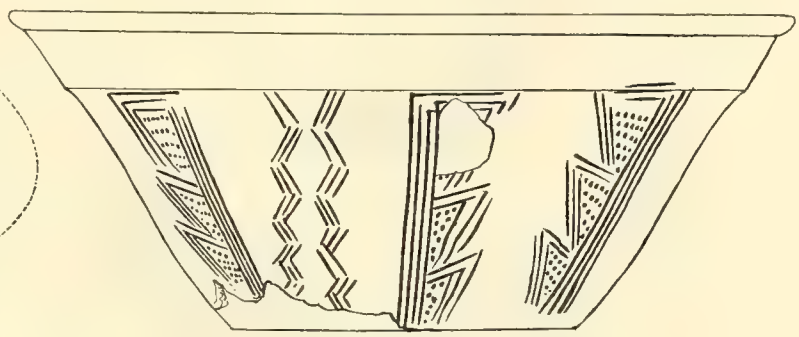


Fig. 12.

Fig. 11. $^1/_1$. Topfscherbe von Buturo, Bolivia, mit Ornamenten aus Tonrollen. Inv. 06. 1. 257. Fig. 12. Schale mit eingeritzten Dreieckmustern. Arroyo del Medio, Sierra S:ta Barbara, Argentina. Inv. 03. 3. 7153.

drücken mit einem etwas spitzen Instrumente und wahrscheinlich auch durch Fingereindrücke hergestellten Ornamenten kommen ebenfalls bei Buturo vor.

Um die Sierra S:ta Barbara ist die Hauptmasse der Ornamente mit einem scharfen Stäbchen oder einem ähnlichen einspitzigen Gegenstande eingeritzt. Gewöhnlich kommen Dreieckmuster vor (Fig. 12). Als Seltenheit findet man Ornamente, die durch Auflegen von Tonrollen auf die Aussenseite der Töpfe bewirkt sind. Auch Fingereindrücke sieht man auf einzelnen Topfscherben. Selten sind bemalte Topfscherben.

Kommt man höher auf die Anden hinauf, sei es in Nord-Argentina in Quebrada del Toro und in der Puna de Jujuy oder in Süd-Bolivia im Tarijatal, oder in den Grenzgebieten zwischen Peru und Bolivia, so werden die gemalten Ornamente die vor- oder alleinherrschenden und sind durch Einritzungen bewirkte Ornamente reine Seltenheiten. Durch Tonrollen hergestellte Ornamente wie die von Buturo kommen gar nicht vor. Gewöhnliche Muster sowohl in der Puna de Jujuy[1] in Argentina, wie in Chulpas in Bolivia und Peru sind Spiralen und in Schwarz gemalte Rautenmuster.

[1] Vergl. R. Lehmann-Nitsche, Catálogo de las Antigüedades de la Provincia de Jujuy. Revista del Museo de La Plata 1902.

Zwischen den Töpfen, die man in der Puna de Jujuy in Nord-Argentina und denen, die man in Chulpas in Süd-Peru findet, herrscht eine grössere Ähnlichkeit, als zwischen denen, die man in den erst genannten Gegenden und um die Sierra S:ta Barbara in derselben Provinz findet. Ebenso gross ist der unterschied zwischen denen, die man in den Chulpas und denen, die man einige Meilen ostwärts in den Urwäldern am Fusse der Anden trifft. Die meisten der von AMBROSETTI[1] von Calchaqui in Argentina beschriebenen Bronzegeräte sind auch in der Form so gut wie identisch mit den in den Gebirgstälern an den Ostabhängen der Anden in Süd-Peru und Nord-Bolivia gefundenen. Längs der waldlosen Anden hat natürlich auch, wie wir wissen, vor der Entdeckung Amerikas

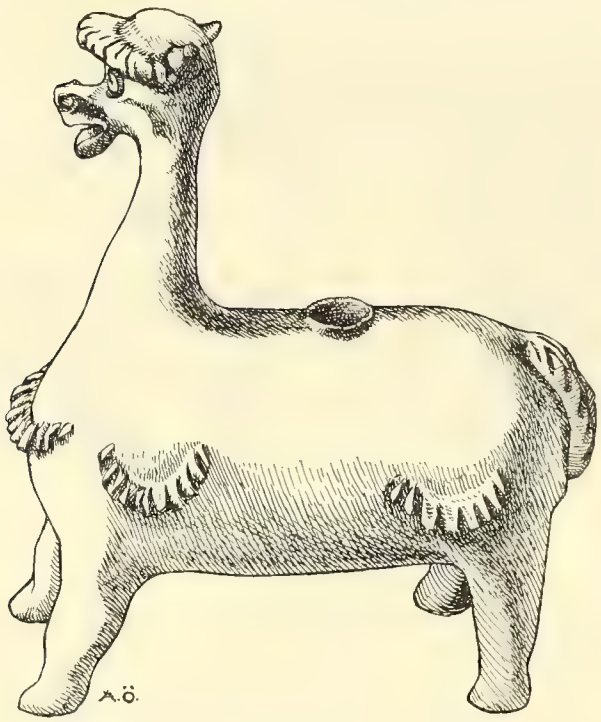


Fig. 13.

Fig. 14.

Fig. 13. C. 1/5. Tongefäss in Gestalt eines Llama (Alpaca?). Quichua, Pucara, Peru. Inv. 05. 16. 265.
Fig. 14. 2/3. Tongefäss gekauft unweit St:a Cruz del Valle Ameño, Bolivia, Quichua. Inv. 02. 16. 280.

eine lebhafte Verbindung zwischen den Stämmen stattgefunden. Zum besseren Verständnis der Kulturgrenzen auf den Ostabhängen der Anden ist auch eine Kenntnis des relativen Alters der verschiedenen Wohnplätze oder Gräber notwendig, und hierüber wissen wir noch ausserordentlich wenig. Von den Gräbern sowohl in der Puna de Jujuy wie denen in den Grenzgebieten zwischen Peru und Bolivia ist sicher ein Teil aus der Zeit nach der Eroberung und somit beinahe oder ganz aus derselben Zeit. Dafür, dass sie aus der gleichen Zeit stammen, spricht ja auch, wie ich oben hervorgehoben habe, die grosse Ähnlichkeit zwischen einem grossen Teil der in diesen

[1] JUAN B. AMBROSETTI. El Bronce en la Región Calchaqui. Anales del Museo Nacional de Buenos Aires 1904. S. 161.

ca. 10 Breitegrade von einander liegenden Gegenden angetroffenen Gegenstände. Das Alter der Wohnplätze und Gräber um die Sierra S:ta Barbara und der Wohnplätze bei Buturo im Verhältnis zu den übrigen hier erwähnten Gräbern und Wohnplätzen kenne ich nicht. Ich habe in ihnen nichts von der Zeit nach dem Eindringen der spanischen Kultur gefunden. Dass die Indianer, die um die Sierra S:ta Barbara gewohnt haben, mit den Gebirgsindianern in Verbindung gestanden haben, geht daraus hervor, dass ich in einer Graburne dort Schnecken (Oliva peruana) von der Küste des Stillen Meeres gefunden habe.

Von den jetzt hier lebenden Indianern modellieren, meines Wissens, nur die Quichua die Tongefässe in Gestalt von Tieren oder malen auf denselben Tierfiguren. Diese Tongefässe werden jedoch hauptsächlich zum Verkauf an die Weissen als Kuriosa angefertigt (Fig. 13). Die Aymara verfertigen in Huarina unweit des Lago Titicaca massive Tierfiguren wie Kühe, Schafe, Pferde etc. aus gebranntem Ton. Diese werden von den Indianerkindern als Spielzeug benutzt.

Meines Wissens stellen nur die Quichua Tongefässe in Gestalt von Menschenfiguren her oder schmücken sie mit Teilen von solchen. Fig. 14 stellt einen unweit S:ta Cruz del Valle Ameño im nordöstlichen Bolivia gekauften und nach Angabe von Quichua auf der peruanischen Hochebene verfertigten Topf dar. Obgleich das Gesicht eher dem eines Schweines ähnelt, soll es doch einen Menschen vorstellen. Dieser und ähnliche Töpfe werden wohl zum Verkauf an Indianer und nicht besonders an Weisse angefertigt sein. Er ist auch künstlerischer ausgeführt, als die zum Verkauf an die Weissen von den Quichua angefertigten Töpfe mit Menschenfiguren.

Die Chacoindianer stellen nicht Tiere oder Menschenfiguren, auf Töpfen modelliert, dar. Die einzige Darstellung in Ton von etwas, das Menschen vorstellen kann, sind die Figuren aus ungebranntem Ton,[1] die die Toba modellieren und deren eine auf Fig. 15 abgebildet ist. Was auf der Figur wie die weibliche Brust aussieht, soll wohl Arme vorstellen. Diese Figuren sind wahrscheinlich als Spielzeug angewendet worden.

Bei den archäologischen Ausgrabungen haben wir verhältnismässig wenige mit Tieren oder Teilen von Tieren modellierte Töpfe angetroffen. Zu bedenken ist auch, dass wir nicht in den Teilen des zentralandischen Kulturgebietes, wo man eine sehr entwickelte Tontöpferkunst gehabt hat, gearbeitet haben. Die meisten mit Tierfiguren modellierten Tongefässe haben wir um die Sierra S:ta Barbara, einige auch in der Puna de Jujuy und im Tarijatale gefunden. Als Ornamente gemalte Tierfiguren kommen auf den von v. Rosen und mir gesammelten Tongefässen gar nicht vor. Von der Puna de Jujuy befinden sich jedoch in anderen Sammlungen Gefässe mit solchen. Schlangenähnliche Ornamente finden sich auf Tongefässe von S:ta Barbara eingeritzt. Wie bekannt, sind auf Tongefässe gemalte Tierfiguren besonders gewöhnlich im Calchaquigebiet in Nord-Argentina.

[1] Die Herstellung von Gegenständen aus ungebranntem Ton ist unter den jetzt lebenden, mir bekannten Indianern unbedeutend. Von den Mataco habe ich eine kugelförmige Spindelscheibe aus solchem Material. Die Quichua bauen ihre Öfen oft aus ungebranntem Ton auf, zuweilen sieht man sie auch aus gebranntem Ton (Fig. 16). Im übrigen wird ungebrannter Ton in einigen Gegenden zum Bewurf der Hütten, zur Konstruktion von Bänken und Gestellen in den Quichuahütten u. s. w. angewendet.

Um die Sierra S:ta Barbara findet man Gesichtsurnen (Fig. 17),[1] die zum Begraben von Kindern angewendet wurden. Dort sind Menschengesichter auch als Henkel an Tongefässen modelliert. Bei Buturo findet man Menschenfiguren aus gebranntem Ton. Dagegen findet man keine solche auf Töpfen modelliert. Einen ganz kleinen Topf, auf welchem tanzende Menschen gemalt sind, habe ich in einer Grabgrotte im Quearatale im nordöstlichen Bolivia gefunden. Viel wäre über die Ornamentik auf Tongefässen hinzuzufügen, ich habe mich aber auf den Versuch beschränkt, das Charakteristischste hervorzuheben. Leider habe ich niemals Gelegenheit gehabt zu beobachten, wie Töpfe gemalt oder mit plastischen Ornamenten versehen werden. Die spärlichen Funde von Tongefässen in den Chulpas und in den Grabgrotten im

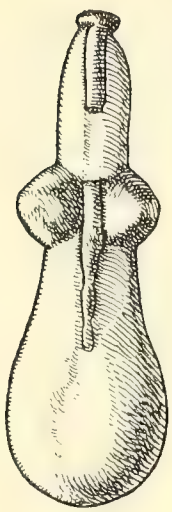


Fig. 15.

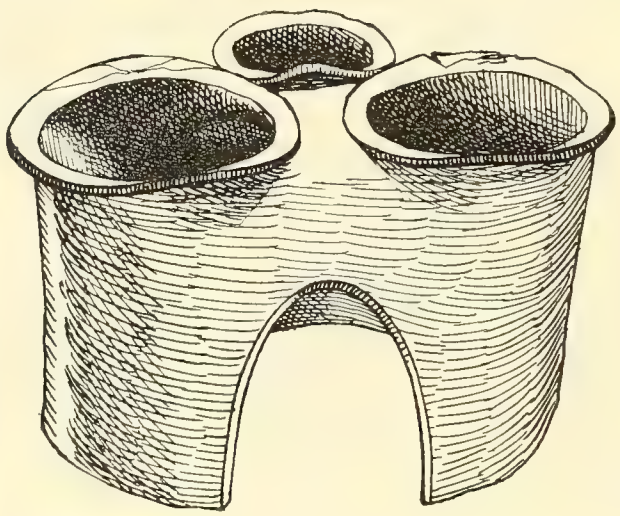


Fig. 16.

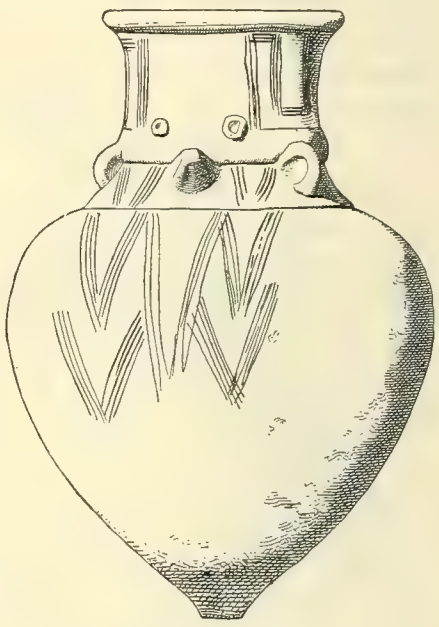


Fig. 17.

Fig. 15. 1/1. Menschliche Figur. Toba, Fortin Crevaux, Bolivia. Inv. 03. 3. 807. Fig. 16. Ofen aus gebranntem Ton. Gekauft in Puno, Peru. Breite 44 1/2 cm. Höhe 21 cm. Inv. 05. 16. 291. Fig. 17. 1/3. Gesichtsurne. Arroyo del Medio, Sierra S:ta Barbara. Nordargentina. Inv. 03. 3. 7265.

südöstlichen Peru und im nordöstlichen Bolivia können leider keine vollständige Auffassung von der Keramik der alten Aymara geben, weshalb meine Angaben über diese auch sehr unvollständig sind.

Brennen der Tongefässe.

Sowohl die Quichua wie die Chiriguano, Yamiaca, Atsahuaca und Mataco trocknen die Tongefässe an der Sonne, bevor sie sie brennen. Das Brennen von Tongefässen

[1] Erik Boman's Zeichnungen derselben im Journal des Americanistes 1905 (Migrations précolombiennes dans le Nord-Ouest de l'Argentine. Journal de la Société des Américanistes de Paris. Nouvelle Série II, N:o 1. 1905) sind gar nicht korrekt. Eigentümlich ist, dass er diese angewendet hat, obgleich er meine photographischen Reproduktionen in Kungl. Svenska Vet. Akad. Handlingar hätte benutzen können.

habe ich nur bei den Quichua gesehen. Dies geschah so, dass die Gefässe zuerst an der Sonne getrocknet und dann in Llama- und Kuhmist eingebettet wurden. Der Ofen selbst war aus bei der Herstellung beschädigten Töpfen gebaut. Beim Brennen platzt auch eine grosse Menge Tongefässe. Deshalb häufen sich um die Hütten, wo die Tongefässe hergestellt werden, Massen von Topfscherben an. Es ist deshalb wichtig, in Erfahrung zu bringen, ob auf einem Wohnplatz Töpferei betrieben worden ist oder nicht, bevor man aus der Masse Topfscherben Schlüsse über dessen Bedeutung zieht, denn um eine Hütte, wo Tongefässe hergestellt werden, sammeln sich mehr Topfscherben, als in einem Dorfe, wo 100 Indianerfamilien wohnen, die alle Tongefässe, die sie anwenden, kaufen oder eintauschen.

HAWTREY[1] beschreibt das Brennen der Tongefässe bei den den hier erwähnten Chacoindianern nahe stehenden Lengua auf folgende Weise ... »and then left in the sun for a day or two till quite dry, when they are baked in open fires made by piling wood around and over the pot. This method of firing is of course not good, and the clay is not baked evenly through».

Verschiedene Tongefässformen und deren Anwendung.

Ich beabsichtige nicht zu versuchen, über alle die verschiedenen Tongefässtypen, die man findet oder die noch auf den Anden und ihren Ostabhängen im Gebrauch sind, zu berichten. Ich will dagegen versuchen, einige charakteristische Eigentümlichkeiten in der Form und Anwendung der Tongefässe in verschiedenen Teilen des hier besprochenen Gebietes hervorzuheben.

Die Atsahuaca und Yamiaca haben nur einen Tongefässtypus (Fig. 8). Diesen wenden sie zum Kochen an. Als Wasserflaschen benutzen sie Glieder von Bambusrohr, als Schale Kalebassen.

Die Mataco, Chorote und Toba haben mehrere Typen, von denen wir einige hier abgebildet sehen. Die wichtigsten sind Koch- und Rosttöpfe (Fig. 9) und die Wasserkrüge (Fig. 18 u. 19). Die letzteren sind besonders für Chaco charakteristisch.

Die Chacoindianer wenden selten Schalen aus Ton, sondern meistens Kalebassen an. DOMENICO DE CAMPANA[2] hält die Wasserkrüge der Toba für eine Imitation der Kalebassen. Eigentümlich ist, dass die Chacoindianer zerbrechliche Wasserkrüge aus gebranntem Ton anwenden und sich nicht ausschliesslich auf die Kalebassen beschränken. Vielleicht kommt dies daher, weil das Wasser sich in Tongefässen leichter frisch und gut hält, was ja in Gegenden, wo die Indianer zeitweise tagelang durch wasserleeres Land wandern müssen, von Wert ist. Eine eigentümliche Anwendung der Kochtöpfe der Chacoindianer ist die, dass sie ein Stück Fell darüber spannen und sie als Trommeln benutzen. Eine solche, sowie Klappern aus Kalebassen wandten die Mataco eine Nacht an, als ich bei Mendieta in der Provinz Jujuy in

[1] HAWTREY, l. c.
[2] DOMENICO DE CAMPANA, l. c.

Nord-Argentina in ihr Lager ritt. Sie hatten eben einen Todesfall gehabt und wollten den Geist des Toten aus dem Dorf jagen. Die Wittwe, die die Trommel hatte, wollte mir dieselbe gleichwohl nicht überlassen. VON ROSEN gelang es später, eine ähnliche von den Choroteindianern zu erwerben. Sie ist mit dem Felle einer Canisart überspannt. Andere Trommeln haben weder die Chorote, Mataco, noch die Toba. Die Topftrommel soll bei der Anwendung halbvoll mit Wasser sein.

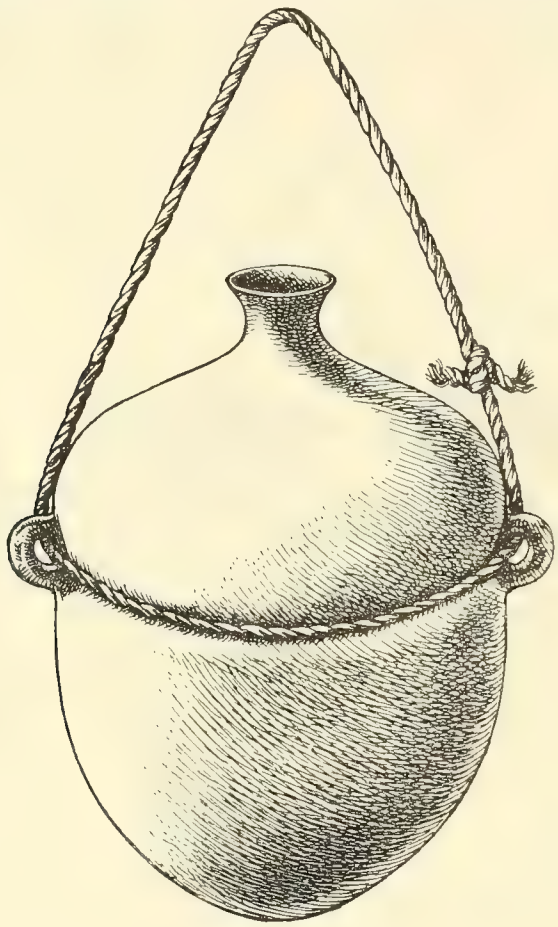


Fig. 18.

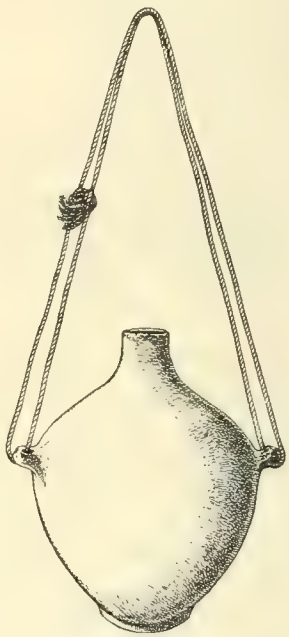


Fig. 19.

Fig. 18. c. 1/3. Wasserkrug zum Wassertragen. Chorote, Chaco, Bolivia. Inv. 03. 3. 146. Fig. 19. 1/6. Wasserkrug zum Wassertragen. Mataco, Chaco, Nordargentina. In 03. 3. 852.

Die Chiriguano haben zahlreiche verschiedene Tongefässformen. Einige sind hier wiedergegeben. Um die Hütte, Fig. 3, sehen wir zahlreiche grosse Chichagefässe umhergestreut liegen. Die Chiriguano haben Schüsseln und Schalen aus gebranntem Ton. Unter den Tongefässen der Chiriguano sind besonders die gewaltigen Graburnen, in denen sie ihre erwachsenen Toten zu begraben pflegen, bemerkenswert.

Zwischen Tatarenda und Caiza in Bolivia habe ich ein solches Chiriguanograb ausgegraben. In ungefähr 1 Meter Tiefe in der Ecke der Hütte, wo der Chiriguano gewohnt hatte, war er in einer Doppelurne von ungefähr 1 m 20 cm Höhe und einer

Maximalbreite von 50 cm beerdigt, d. h. über eine grosse Urne von ungefähr derselben Form, wie wir mehrere auf Fig. 3 sehen, aber mit einer weiteren Mündung, war ein anderer ähnlicher Topf als Deckel übergestülpt. Der Chiriguano war mit von den Weissen erhaltenen Kleidern sowie mit der roten Chiriguanobinde um die Stirn beigesetzt. Die Lage der Leiche im Topfe war sitzend. Der Topf war nicht mit Erde gefüllt, sondern enthielt nur das Skelett, Reste von Kleidern, eine Kalebasse und ein wenig Staub. Die Tembeta war nicht mit in der Urne. Der Chiriguano war 1899 begraben und im Frühjahr 1902 von mir aufgegraben. Nach dem Begräbnis war die Hütte verbrannt worden. Graburnen wenden keine anderen der hier genannten, jetzt lebenden Indianerstämme an. Boman[1] hat nachgewiesen, dass diese Begräb-

Fig. 20. Töpfe. Quichua. Mojos, Bolivia. Phot. Nils Holmgren.

nisart Erwachsener früher über das ganze Saltatal und unweit San Pedro in der Provinz Jujuy in Nord-Argentina angewendet worden ist. Er schliesst aus diesen seinen Funden, dass diese Gegenden früher von einem Tupistamme bewohnt worden waren. Dass Bomans Annahme richtig ist, erscheint mir in hohem Grade wahrscheinlich, da der einzige dem Saltatale nahe wohnende Stamm, der diese Begräbnisart hat, wie genannt, die Chiriguano sind, die zu den Tupi gehören. Wenn in von Nord-Argentina abgelegenen Teilen von Brasilien[2] nicht Tupistämme dieselbe Begräbnisart hatten, kann dies meiner Ansicht nach, nicht auf die Richtigkeit der Schlussfolgerung Bomans einwirken.

[1] Boman, l. c.

[2] F. Outes, Observaciones á dos estudios del señor Eric Boman etc. Anales de la Sociedad científica Argentina. Octobre 1905. S. 145.

Die Quichua haben eine Menge Formen von Tongefässen (Fig. 20), über die ich hier nicht zu referieren beabsichtige.

Unter den Tongefässen der Aymara bemerkt man Miniaturtöpfe, die gefüllt mit Chicha (Maisbier) u. d., in modernen christlichen Aymaragräbern vergraben werden. Sie werden auch in die Erde vergraben, wo ein neues Haus gebaut wird. Derselbe Brauch findet sich auch bei den Quichua, aber ich habe die auf solche Weise benutzten Tongefässe nicht gesehen.

In der Puna de Jujuy, im Tarijatale, um die Sierra S:ta Barbara, bei Buturo und in den Chulpas trifft man viele verschiedene Topftypen. Von dieser Vielheit will ich nur die für das Tarijatal so charakteristischen Becher erwähnen. Von der Sierra S:ta Barbara sind die grossen Gesichtsurnen (Fig. 17) zu nennen, die, wie bemerkt, zum Begräbnis von Kindern angewendet wurden. Als Deckel hatten sie eine umgedrehte Schale. Auch in der Puna de Jujuy sind Kinder in Urnen begraben worden, aber diese Urnen sind ganz einfach und ornamentlos. Diese Art des Kinderbegrabens war über ganz Nord-Argentina hin sehr gewöhnlich, kommt aber nördlich von der Puna de Jujuy in Bolivia und in Peru nicht vor.

Der grössere Teil der von uns bei den archäologischen Ausgrabungen gefundenen Tongefässe waren Beigaben. Ich habe zu der Annahme, dass andere Tongefässe, als möglicherweise die Graburnen besonders zu diesem Zwecke angefertigt worden sind, keinen Anlass.

Die Tongefässe der Atsahuaca und Yamiaca haben einen bauchigen Boden. Sie fallen jedoch nicht um, wenn sie auf die ebene Erde gestellt werden.

Die Tongefässe der Chacoindianer haben teils einen flachen, teils einen bauchigen Boden. Die Wasserkrüge haben oft, aber nicht immer einen so spitzen Boden, dass sie, wenn sie auf die ebene Erde gestellt werden, umfallen.

Die kleineren Tongefässe der Chiriguano haben im allgemeinen einen flachen, die grösseren einen spitzen oder so wenig flachen Boden, dass sie nicht von selbst fest stehen können.

Die allermeisten Tongefässe der Quichua haben einen flachen oder schwach bauchigen Boden, Ausnahmen bilden die grossen Chichatöpfe, die einen spitzen haben. Die grossen Tongefässe mit spitzem Boden müssen viel stärker sein, als wenn sie mit einem grossen flachen Boden konstruiert wären.

Ein paar Tongefässe, von denen ich Stücke bei Buturo gefunden habe, hatten wie ein Blumentopf im Boden ein rundes Loch. Welchen Zweck dies gehabt haben soll, verstehe ich nicht.

Sowohl in der Sierra S:ta Barbara wie bei Pata im nordöstlichen Bolivia habe ich gesehen, dass grosse, gut erhaltene Tongefässe, die in den Gräbern und alten Wohnplätzen gefunden worden sind und sicher mehrere hundert Jahr alt waren, wieder in Gebrauch genommen worden waren. Beim Einkauf von Tongefässen von den jetzt lebenden Indianern ist es ganz wichtig, daran zu denken.

---

[1] Vergl. v. Rosen, Archæological etc.

Schnäuzchen an Töpfen.

Uhle[1] bemerkt S. 38: »Die Vorrichtung, welche wir als »Schnäuzchen» zum Ausgiessen bezeichnen, scheint allen prähistorischen Gefässen in Amerika gefehlt zu haben». Bei den hier erwähnten jetzt lebenden Indianerstämmen sieht man Töpfe mit »Schnäuzchen» nur bei den Aymara und den Quichua und hier haben wir natürlich mit dem europäischen Einflusse zu rechnen. Von Rinconada in der Puna de Jujuy bildet Ambrosetti[2] (Fig. 47) ein Tongefäss mit einem solchen Schnäuzchen ab; das Gefäss ist vielleicht aber ziemlich modern. Man muss berücksichtigen, dass viele Grottengräber in der Puna aus einer Zeit weit nach dem Eindringen der Spanier stammen. So erwähnt v. Rosen einen in Amerika so postcolumbianischen Gegenstand wie ein Kuhhorn von einem solchen Grabe. Es ist ganz merkwürdig, dass eine so praktische und leicht zu treffende Verbesserung der als Kannen angewendeten Gefässe allen von Europäern unberührten oder wenig beeinflussten Indianerstämmen fremd war und ist.

Henkel an Tongefässen.

Charakteristisch für die Tongefässe der Atsahuaca und Yamiaca und für die bei Buturo gefundenen, d. h. für die in den Urwäldern in den Grenzgebieten zwischen dem nordöstlichen Bolivia und dem südöstlichen Peru früher und noch jetzt angewendeten, ist, dass sie keine Henkel haben. Alle übrigen hier genannten Stämme haben dagegen solche an einem grösseren oder kleineren Teile ihrer Töpfe. Dasselbe ist der Fall bei den hier bei archäologischen Ausgrabungen gefundenen Tongefässen. Die Töpfe, die Ehrenreich von den Rio Purusindianern beschreibt, haben ebenfalls keine Henkel. Die Atsahuaca und Yamiaca sowie die Indianer, die in den Urwälden bei Buturo wohnten, haben weder viel Verbindung mit den Gebirgsindianern und der Gebirgskultur, noch haben sie es gehabt, da eine so wichtige Erfindung, wie der Henkel ihnen vollständig fremd gewesen ist. Ihre Keramik hat in dieser Hinsicht auf demselben Standpunkte gestanden, wie die der meisten brasilianischen Stämme. Ich möchte behaupten, dass der Einfluss der Gebirgskultur (Quichua, Aymara und »Calchaqui») auf dem Ostabhang der Anden sich nicht auf Stämme erstreckt hat, die den Henkel nicht kennen oder gekannt haben.

Die Quichua haben in der Regel Henkel an allen Töpfen und Kannen und anderen grösseren Tongefässen, ausser an Schüsseln und Schalen. Die Kochtöpfe und die grossen Chichakrüge haben paarige, die Kannen unpaarige Henkel. Die Henkel sitzen im Allgemeinen vertikal, aber auch manchmal horizontal.

Die Chiriguano haben teils Töpfe mit, teils ohne Henkel, wie wir aus Fig. 3 ersehen. Die Henkel der Kochtöpfe sind paarig, die der Kannen unpaarig. Die Henkel gehen in der Regel vom Rande des Gefässes bis zu dessen bauchigem Teile. Schalen kommen mit ganz kleinen Henkeln vor, in welche Schnüre befestigt werden, um die

[1] Uhle, l. c.

[2] Juan. B. Ambrosetti, Antigüedades Calchaquis. Anales de la Sociedad científica Argentina, Buenos Aires 1902.

Töpfe in der Hütte aufhängen zu können. Zuweilen sind zu diesem Zwecke die Ränder der Gefässe selbst mit Löchern versehen.

Derartige »Schnurhenkel» sind besonders charakteristisch für die Chacoindianer (Fig. 18—19). Aber dort sitzen sie in der Regel mitten auf den Wasserkrügen und dienen da zum Anbinden der Schnüre, um das Tragen der Töpfe zu erleichtern. Sie sind immer paarig und sitzen teils horizontal, teils vertikal.

Einzelne Kochtöpfe haben gewöhnliche Henkel, sie sind immer paarig und gehen vom Rande des Gefässes bis zu dessen bauchigun Teil. Manche Tongefässe der Chacoindianer haben gar keine Henkel.

Der Tod der Tongefässe.

Nun habe ich über die Herstellung und Anwendung der Tongefässe berichtet. Es wäre deshalb vielleicht angebracht, auch zum Schlusse einige Worte über ihren Tod zu sagen. Man hat sowohl in Nord- wie in Südamerika beobachtet, dass auf einigen Begräbnisstätten in einigen Töpfen, die man in den Gräbern gefunden hat, Löcher gebohrt waren. Man nimmt an, dass dies geschehen sei, um die Töpfe zu töten, damit ihre Seelen befreit würden und ihrem Herrn folgen könnten. Ein paar wahrscheinlich auf diese Weise getötete Töpfe habe ich von Chulpas in den Grenzgebieten zwischen Peru und Bolivia. Derselbe Gebrauch des Tötens der Tongefässe beim Tode einer Person herrscht noch unter den Quichua und Aymara. Ich habe im Globus, in der Zeitschrift für Ethnologie und an einigen anderen Stellen diesen Gebrauch beschrieben, aber da ich denselben als interessant ansehe, will ich meine Beschreibung hier wiederholen.

Noch heute erhält der tote christliche Quichuaindianer alle seine Habe mit nach einer anderen Welt. Dies geschieht so, dass acht Tage nach dem Todesfalle ungeheuer getrunken wird, dann wird das, was der Tote für den Himmel gebrauchen kann, wie Geräte, Töpfe, Speisen, Kleider und natürlich Branntwein auf einen offenen Platz gebracht und verbrannt. Einen solchen Opferplatz mit zerschlagenen getöteten Töpfen bildete ich in der Zeitschrift für Ethnologie 1906, S. 86 ab.

Genügendes Material für eine komparative Studie über alle südamerikanischen Tongefässe ist wohl noch kaum in irgendeinem Museum, wenn nicht möglicherweise im Museum für Völkerkunde in Berlin gesammelt. Wahrscheinlich fehlen aber auch trotz des unerhört reichen Materiales noch Serien der einfachsten und der grössten und am schwersten transportierbaren Gefässe.

Wichtig wäre es deshalb, dass auch die einfachen überall gesammelt würden, bevor alle Stämme durch den Einfluss der Weissen die Herstellungsmethoden ihrer Tongefässe und die Form derselben verändert haben.

Für den, der einmal eine solche komparative Studie über die südamerikanischen Tongefässe schreibt, können vielleicht einige meiner hier veröffentlichten Beobachtungen von Nutzen sein.

Tryckt den 18 oktober 1906.

Uppsala 1906. Almqvist & Wiksells Boktryckeri-A.-B.

Uppsala 1906. Almqvist & Wiksells Boktryckeri-A.-B.

12277

KUNGL. SVENSKA VETENSKAPSAKADEMIENS HANDLINGAR. Band 41. N:o 7.

ENTWURF

EINER

MONOGRAPHIE DER EUROPÄISCHEN MYRMEKOCHOREN

VON

RUTGER SERNANDER

MIT 11 TAFELN UND 29 TEXTFIGUREN

MITGETEILT AM 6. JUNI 1906 DURCH TH. M. FRIES UND V. WITTROCK

UPPSALA & STOCKHOLM. ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI-A.-B.

BERLIN
R. FRIEDLÄNDER & SOHN
11 CARLSTRASSE

LONDON
WILLIAM WESLEY & SON
28 ESSEX STREET. STRAND

PARIS
LIBRAIRIE H. LE SOUDIER
174 BOULEVARD S:T GERMAIN

KUNGL. SVENSKA VETENSKAPSAKADEMIENS HANDLINGAR. Band 41. N:o 7.

ENTWURF

EINER

MONOGRAPHIE DER EUROPÄISCHEN MYRMEKOCHOREN

VON

RUTGER SERNANDER

MIT 11 TAFELN UND 29 TEXTFIGUREN

MITGETEILT AM 6. JUNI 1906 DURCH TH. M. FRIES UND V. WITTROCK

UPPSALA & STOCKHOLM
ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI-A.-B.
1906

»Man hat sich in neuerer Zeit mehr und mehr gewöhnt, alle Structureigenthümlichkeiten, die sich gelegentlich zu irgend einem Zwecke als nützlich erwiesen haben, als für denselben entstanden zu deuten; ja, man glaubt auch vielfach aus der Structur eines Organs auf seinen Nutzen schliessen zu können, ohne sich zu überzeugen, dass das Vermuthete wirklich zutrifft. Wer solche Anschauungen theilt, wird die Mehrzahl meiner Beobachtungen und meiner Versuche als ganz überflüssig betrachten. Ich betrachte diesen Standpunkt als ganz unwissenschaftlich.

A. F. W. Schimper, Die Wechselbeziehungen zwischen Pflanzen und Ameisen im tropischen Amerika, S. 19—20.

Inhalt.

Seite

Einleitung 1

Abteilung I.

Experimente und Beobachtungen in der Natur.

Übersicht über die Typen der myrmekochoren Synzoen 15
Der Puschkinia-Typus 18
Der Viola odorata-Typus 26
Der Hepatica-Typus 72
Der Parietaria lusitanica-Typus 87
Der Ajuga-Typus 90
Der Aremonia-Typus 114
Der Carex digitata-Typus 117
Der Melica nutans-Typus 123
Der Euphorbia-Typus 127
Der Polygala-Typus 140
Der Amberboa-Typus 143
Der Fedia-Typus 150
Der Galactites-Typus 152
Der Trichera-Typus 155
Der Triodia-Typus 160
Verbreitungseinheiten, die angeblich durch Mimicry Ameisen anlocken 162
Verbreitungseinheiten, die nur zufällig von Ameisen gesammelt werden 175
Effektivität 194

Seite

Abteilung II.

Organographie und Phylogenie.

Äussere und innere Organographie der myrmekochoren Verbreitungseinheiten . . . 211
Der Puschkinia-Typus
Der Viola odorata-Typus
Der Hepatica-Typus
Der Parietaria lusitanica-Typus
Der Ajuga-Typus
Der Aremonia-Typus
Der Carex digitata-Typus
Der Melica nutans-Typus
Der Euphorbia-Typus
Der Polygala-Typus
Der Amberboa-Typus
Der Fedia-Typus
Der Galactites-Typus
Der Trichera-Typus
Der Triodia-Typus
Rückblick

Die Organographie des fruktifikativen Systems und die postflorale Entwicklung im Vergleich zu anderen verbreitungsbiologischen Typen 244
Einleitung
Spezieller Teil
Gramineae
Cyperaceae
Juncaceae

Liliaceae, Amaryllidaceae und Iridaceae
Urticaceae
Santalaceae
Aristolochiaceae
Polygonaceae
Cynocrambaceae
Portulacaceae
Caryophyllaceae
Ranunculaceae
Papaveraceae
Fumariaceae
Resedaceae
Rosaceae
Polygalaceae
Euphorbiaceae
Violaceae
Primulaceae
Hydrophyllaceae
Borraginaceae
Labiatae
Scrophulariaceae
Orobanchaceae
Valerianaceae
Dipsaceae
Compositae
Rückblick
Die Verteilung der Myrmekochoren in der Vegetation der Erde 340
Die Rolle der Myrmekochoren in den Pflanzenformationen
Waldpflanzen
Ruderalpflanzen
Die Verteilung der Myrmekochoren in der Vegetation der Erde
Entwicklungsgeschichtliche Fragen . . . 373
Selektionsfaktoren
Phylogenie
Literaturverzeichnis
Pflanzenartenverzeichnis
Tafelerklärungen

Einleitung.

Geschichtliche Übersicht.

In einer vor einigen Jahren erschienenen Arbeit, Den skandinaviska vegetationens spridningsbiologi, Uppsala 1901, habe ich die Art und Weise, wie im grossen und ganzen die Tierwelt bei der Verbreitung der Pflanzen mitwirkt, in drei voneinander geschiedene Fälle geteilt (l. c. p. 225):

»Viele Fortpflanzungsindividuen werden von pflanzenfressenden Tieren verschluckt und wachsen dann in den Exkrementen derselben fort, wenn es ihnen gelingt, unbeschädigt durch den Verdauungskanal hindurchzukommen. Diese Verbreitungsweise wird die *endozoische* genannt.

Andere werden durch Tiere *absichtlich* von der Mutterpflanze nach anderen Stellen transportiert, wo sie sich eventuell weiterentwickeln können. Ich möchte für diese Verbreitungsweise die Bezeichnung *synzoisch* vorschlagen.

Die dritte Gruppe besitzt in ihrer Organisation die Möglichkeit, sich an vorbeipassierende Tiere anzuheften, und wird dann mit diesen *unabsichtlich* längere oder kürzere Strecken weit transportiert. Für diese Art von Verbreitung wird die Bezeichnung *epizoisch* gebraucht.»

Es gibt mehrere Arten Tiere, durch deren Lebensgewohnheiten diejenige Art der Pflanzenverbreitung, der ich den Namen *synzoisch* gegeben habe, vermittelt werden kann (Sernander l. c. p. 229—312). Unter den Säugetieren haben wir z. B. die Nager, deren Depots für die Verbreitung vieler schweren Verbreitungseinheiten,[1] besonders für die der Früchte der Cupuliferen, eine grosse Rolle spielen; und unter den Vögeln *Sitta europæa*, welcher auf die Zusammensetzung der phanerogamen Epiphytenflora einen gewissen Einfluss ausübt, indem er Samen und Früchte in die Rin-

[1] Nach Kirchners (Lebensgeschichte Bd 1 p. 55) Erweiterung der Definition Voglers: »Jedes von der Mutterpflanze abgetrennte, der Vermehrung dienende Organ, welches dem passiven Transport zum Zweck der Verbreitung unterliegt; es kann ein Same, eine Frucht oder eine Teilfrucht, oder auch ein vegetativer Vermehrungsspross sein.»

denspalten der Bäume treibt. Aber als die wichtigste unter allen zu der synzoischen Verbreitung beitragenden Tierklassen erweisen sich doch die *Ameisen*.

Die Kenntnis, dass die Ameisen Samen sammeln, ist eigentlich uralt. Wie im folgenden des näheren wird beschrieben werden, gibt es im Süden, besonders in den Mittelmeerländern, einige Ameisenarten, die in grossem Umfange Früchte und Samen in ihren unterirdischen Wohnungen aufspeichern. Diese eigentümliche Gewohnheit der Ameisen scheint schon in den ältesten Zeiten beobachtet worden zu sein. Besonders bekannt sind SALOMOS[1] Worte von den getreidesammelnden Ameisen, und ähnliche Andeutungen finden sich bei andern orientalischen, sowie bei römischen und griechischen Schriftstellern.

Wissenschaftlich behandelt wurde diese Sameneinsammlung zum erstenmal von CH. LESPÈS[2] (1866) und von J. F. MOGGRIDGE[3] (1873), welche zeigten, dass die in den Mittelmeerländern gewöhnlichen *Aphœnogaster barbara* und *A. structor* jährlich zu gewissen Zeiten grosse Massen verschiedener Arten von Früchten und Samen sammeln. E. ANDRÉ[4] und A. FOREL[5] haben ebenfalls zu dieser Frage Beiträge geliefert. — Ich habe auch Anlass anzunehmen, dass mehrere aus den Mittelmeerländern und den nordafrikanischen Wüsten über samensammelnde Ameisen mitgeteilte Beobachtungen, die aber nicht die Namen der Ameisenarten angeben, sich grade auf einige von diesen *Aphœnogaster*-Arten beziehen. Vor allem denke ich an einige Notizen von L. TRABUT,[6] ST. SOMMIER,[7] G. MATTEI, A. BÉGUINOT und B. G. TRAVERSA.[8]

Schon von alters her kennt man auch bei indischen Ameisenarten (besonders *Pheidole providens*) ähnliche Gewohnheiten, und schon früh begegnen uns in der wissenschaftlichen Litteratur bestimmte Angaben darüber, nämlich bei W. H. SYKES[9] (1834) und HOPE[10] (1840).

Ein sehr merkwürdiger Fall von samensammelnden amerikanischen Ameisen wurde 1860 von S. B. BUCKLEY[11] mitgeteilt, und seine Mitteilungen wurden von G. LINCECUM[12] und H. CHR. MC COOK[13] bestätigt und erweitert. Diese Forscher zeigten, dass in Texas eine Ameisenart, *Pogonomyrmex barbatus*, lebt, welche neben ihrem Nest mit zwei Arten Gräsern: *Aristida oligantha* und *Buchloe dactyloides*, eine Art von Ackerbau treiben. Eine kritische Untersuchung von W. M. WHEELER[14] über die Lebensverhältnisse der *Pogonomyrmex*-Arten hat indessen die Bedeutung dieses »Ackerbaus» sehr reduziert.

[1] Sprüche Salomonis 6, 6—8.
[2] Conférence sur les Fourmis.
[3] Harvesting Ants and Trap-Door Spiders.
[4] Les Fourmis.
[5] Eine myrmekologische Ferienreise nach Tunesien und Ostalgerien.
[6] *L'Aristida ciliaris Desf.* et les fourmis.
[7] Bulletino della Societa botanica italiana 1874 p. 70.
[8] Ricerche interno alle »Arboricole» della Flora Italiana.
[9] Descriptions of new Species of Indian Ants.
[10] Trans. Ent. Soc. 1840 p. 213.
[11] On Myrmica molefaciens.
[12] On the Agricultural Ant of Texas.
[13] The Natural History of the Agricultural Ant of Texas.
[14] A new Agricultural Ant from Texas.

Wie im folgenden gezeigt werden soll, betreffen die eben erwähnten Fälle eine besondere Art des Ameisentransports; diejenigen, zu denen wir nun übergehen, bilden den eigentlichen Hintergrund des Inhaltes dieser Arbeit.

Moggridge erwähnt (l. c. p. 159 Note), dass er Ameisen mit Samen der *Viola odorata* beobachtet habe, und J. Lubbock teilt in seinem bekannten Ants, bees and wasps (p. 26 & 59) mit, dass er dieselbe Beobachtung inbezug auf diese *Viola*-Art und *Lasius niger* gemacht habe.

G. Adlerz[1] hat auf der Insel Gotland in *Tetramorium caespitum*-Nestern Samen von *Linum catharticum* und bei *Leptothorax acervorum* und *Formica fusca* Samen gefunden, die, wie sich später herausstellte, einer *Polygala*-Art angehörten. *Tetramorium caespitum* scheint übrigens ein wichtiger Samensammler zu sein; allerdings kennen wir noch nicht die Arten. Besonders im Süden wird dies der Fall sein; aus Algier spricht sich E. André[2] schon 1881 hierüber aus, und andere haben später dasselbe bestätigt. Über das Samensammeln in Südeuropa haben wir allgemeine Mitteilungen von C. Emery,[3] A. von Kerner (vergl. unten), Ch. Janet[4] und von K. Escherich.[5]

Von ganz besonderem Interesse war die Entdeckung, dass gewisse Samen besondere Organe oder Eigenschaften besitzen, durch die sie die Aufmerksamkeit der Ameisen erregen, und denen sie also ihre Verbreitung verdanken.

In seiner eben erwähnten Angabe über *Viola odorata*-Samen tragende Ameisen deutet Moggridge an, dass vielleicht ihr Anhang ein Anziehungsmittel sei: »or for the sake of some juices which they may obtain from the fleshy appendage attached to the seed».

O. Kuntze[6] beobachtete 1876 Samen der *Carica Papaya*, die von Ameisen getragen wurden, und er stellte diesen Transport in Beziehung dazu, dass die »caruncula» der *Carica*-Samen vielleicht auf die Ameisen eine gewisse Anziehung ausübe.

A. Lundström nahm an, dass die Ameisen verleitet würden, gewisse Früchte und Samen zu nehmen, weil sie gewissen Tierchen in der Form, Farbe etc. glichen. So wies er auf die grosse Ähnlichkeit gewisser *Melilotus*-Arten mit den *Aphiden*,[7] und die der innern Früchte der Körbe von *Calendula* (und *Dimorphoteca pluvialis*) mit den *Microlepidopteren*-(resp. *Curculioniden*-)Larven hin.[8] Aber besonders wollte er die Aufmerksamkeit auf *Melampyrum pratense*[8] richten. Seine Samen sind nämlich wegen ihrer Form, ihres Chalazaanhanges und des schwarzen Pünktchens am Insertionspunkt den Ameisenkokons täuschend ähnlich. Nach direkten Beobachtungen, welche die Effektivität dieser Mimicry bestätigen sollten, teilt er mit, dass er eine *Melilotus*-Frucht von einer Ameise habe tragen und in der Infloreszenz eines *Melampyrum pratense* Ameisen habe Samen holen sehen, die in den geöffneten Kapseln liegen geblieben

[1] Myrmecologiska Studier II.
[2] Spécies des Formicides d'Europe.
[3] Zur Biologie der Ameisen in Südeuropa.
[4] Observations sur les Fourmis.
[5] Die Ameise.
[6] Die Schutzmittel der Pflanzen.
[7] Bot. Centralblatt B. 25. p. 322.
[8] Die Anpassungen der Pflanzen an Tiere. 1887.

waren. Experimentell zeigte LUNDSTRÖM auch, dass die Ameisen einer unter einem Stein befindlichen Kolonie, als dieser abgehoben und ein *Melampyrum*-Samen hineingeworfen wurde, auch diesen Samen »retteten».

G. ADLERZ (opus cit.) bestätigte auch ungefähr zu derselben Zeit, dass *Myrmica ruginodis* und *Lasius niger Melampyrum pratense*-Samen wegtragen.

CH. ROBERTSON [2] teilte 1897 mit, dass er *Formica fusca* Samen von *Sanguinaria canadensis, Uvularia grandiflora* und *Trillium recurvatum* habe tragen sehen und setzt dieses Verhältnis zu dem Vorkommen von Samenanhängen in Beziehung.

Diese von MOGGRIDGE, KUNTZE, LUNDSTRÖM und ROBERTSON gemachten Beobachtungen erhielten durch A. VON KERNER [1] grössere Aktualität. Er nahm für *Melampyrum* die Mimicry-Hypothese LUNDSTRÖMS an und zeigte, dass die Samen sehr vieler Pflanzen Anhänge haben, die nach seiner Meinung als Lockmittel dienten. Es waren dies *Asarum europæum* und *canadense, Chelidonium majus, Corydalis lutea, Moehringia muscosa, Sanguinaria canadensis, Viola odorata* und einige oder alle Arten der Gattung *Euphorbia*. Von einigen dieser Samen gibt er auch Abbildungen.

Leider teilte er nur wenig von den empirischen und experimentellen Tatsachen mit, nach denen er dieses Verzeichnis gemacht hat. Nur von *Chelidonium* und *Sanguinaria* führt er direkte Beobachtungen über Ameisentransport und von der ersterwähnten einen interessanten Umstand im Innsbrucker Garten an, der zu dem Samenwegtragen seitens der Ameisen in Beziehung stehen muss.

In seiner Monographie der Gattung *Cyclamen* (1898) berichtet FR. HILDEBRAND, dass die Ameisen im Botanischen Garten zu Freiburg die Samen der frisch geöffneten Kapseln wegtrügen, und erzählt, dass E. HARTMANN bei Beirut *C. persicum* in Mauerritzen habe wachsen sehen, wohin die Samen wahrscheinlich von Ameisen gebracht worden seien. HILDEBRAND nimmt an, dass die Ameisen durch irgend einen von den Samen ausströmenden Geruch angelockt würden.

F. LUDWIG [3] hat dem Samentransport der Ameisen grosse Aufmerksamkeit gewidmet. Besonders ist seine Entdeckung der Myrmekophilie bei *Pulmonaria* und *Helleborus foetidus* wichtig. Er glaubt, dass die Samen der letzterwähnten Pflanzen wegen ihrer Ähnlichkeit mit Coleopterenlarven die Ameisen anlockten.

In einer 1900 von G. LAGERHEIM herausgegebenen Abhandlung [4] erwähnt dieser, dass er Samen der *Viola odorata* und *hirta* und Früchte der *Melica uniflora* gefunden habe, die von *Lasius fuliginosus* weggetragen wurden. Er zeigte, dass der Anhang der *Viola*-Samen ein Öl enthalte, das wahrscheinlich auf die Ameisen anlockend wirke, und dass vielleicht die sterile Blüte der *Melica*-Infloreszenz als Reizmittel diene.

Während meiner Studien zu Ende des vorigen Jahrhunderts über die verschiedene Art und Weise, wie die skandinavischen Pflanzen tatsächlich in der Natur verbreitet werden, erkannte ich recht bald, dass die Ameisen für die Verbreitung der Samen und Früchte verschiedener Pflanzen eine sehr wichtige Rolle spielen. Deshalb begann ich im Spätsommer 1898 über diese Frage eine auf rein empirisch experimen-

[1] Pflanzenleben II. 1898.
[2] Seed crests and myrmecophilous dissemination in certain plants.
[3] Biologische Beobachtungen an Helleborus fœtidus.
[4] Über Lasius fuliginosus und seine Pilzzucht.

teller Grundlage gebaute Untersuchung, die in den Jahren 1899—1900 vollendet wurde, und deren Resultat ich (Febr. 1901) in meiner oben erwähnten Spridningsbiologi mitgeteilt habe.

In diesem Werk gab ich teils eine Reihe direkter Beobachtungen über den Verlauf des Samentransportes der Ameisen, teils eine Serie Experimente mit für verschiedene Ameisenarten bestimmten Depots von verschiedenen Samen und Früchten, die auf verschiedene Weise präpariert waren, um zu erforschen, ob sie Lockmittel besässen oder nicht, teils eine Darstellung der verschiedenen Typen, die ich damals unter den myrmekophilen Synzoen unterscheiden konnte, teils eine vergleichende Übersicht ihrer Organographie, Anatomie und Biologie und derjenigen der verwandten Formen andrer verbreitungsbiologischen Typen.

Seit dem Erscheinen dieses Werkes haben mehrere Forscher einzelne Beiträge geliefert, wobei einige besonders auf die die Ameisen anlockenden Anhänge der Samen achtgegeben, auf die Kerner und ich bereits die Aufmerksamkeit gelenkt hatten, andre sich damit begnügt haben, den Transport zu konstatieren.

So nimmt Hildebrand[1] schon in demselben Jahre an, dass die wegen ihres »Arillus» bekannten Samen der *Jeffersonia diphylla* von Ameisen transportiert würden.

R. H. Lock[2] zeigt, dass die ebenso ausgerüsteten Samen von *Turnera ulmifolia* auf Ceylon am sichersten von der Ameise *Pheidole spathifera* verbreitet werden.

Im vorhergehenden habe ich schon einige kürzlich erschienene Werke mit diesbezüglichen Notizen von Béguinot, Traversa, Wheeler, Janet und Escherich erwähnt.

Untersuchungsmethoden und Plan des Werkes.

Das hier vorliegende Werk ist eine Erweiterung und Ergänzung der eben erwähnten Kapitel von den myrmekophilen Synzoen meiner Spridningsbiologi.

Ich nenne im folgenden diejenigen Pflanzen, deren Verbreitungseinheiten wegen besonderer Eigentümlichkeiten der Organisation von Ameisen aufgesucht und transportiert werden, *myrmekochore Synzoen* oder ganz einfach *Myrmekochoren*, die Verbreitungseinheiten selbst *myrmekochor* und die Eigenschaft einer Pflanze, eine solche Verbreitungseinheit zu besitzen, *Myrmekochorie*.[3] Derjenige Teil der Verbreitungs-

[1] Einige biologische Beobachtungen.

[2] Ecological Notes on Turnera ulmifolia.

[3] Dammer (Verbreitungsausrüstungen) hat die Ausdrücke *anemophil, hydrophil* und *zoophil* als verbreitungsbiologische Begriffe durch *anemochor, hydrochor* und *zoochor* ersetzt. Ich bilde analog als verbreitungsbiologischen Ausdruck das Adjektiv *myrmekochor* und die Substantiva *Myrmekochoren* und *Myrmekochorie*. In Übereinstimmung mit den beiden letzten Begriffen verwende ich *Anemo-, Hydro-* und *Zoochoren* und *Anemo-, Hydro-* und *Zoochorie*. Als Gegenstück der Adjektiva *epi-, endo-* und *synzoisch* habe ich die Substantiva *Epi-, Endo-* und *Synzoen* sowie *Epi-, Endo-* und *Synzoochorie*. — Das Adjektiv *myrmekophil* und die Substantiva *Myrmekophilen* und *Myrmekophilie* werden in allgemeinem Sinne für alle die Pflanzen benutzt, in deren Biologie wegen der Anwesenheit von Elaiosomen, nuptialen oder extranuptialen Nektarien, Wohnungseinrichtungen etc. die Ameisen eine Rolle spielen. Nachdem dies geschrieben war, haben in N. Giornale Botanico 30 Nov. 1905 Béguinot und Traversa (op. cit.) den Ausdruck Myrmekochor in demselben Sinne wie ich benutzt: »ed in un altro comprendeno le piante disseminato dalle formiche, che noi chiamerimo *mirmecocore*» l. c. p. 547.

biologie der Pilze, der mit dem sozialen Leben der Ameisen zusammenhängt, liegt ausser dem Rahmen meiner Untersuchung.

Bei einer beträchtlichen Anzahl von Pflanzen habe ich feststellen können, dass ihre Verbreitungseinheiten mit eigentümlichen Anordnungen versehen sind, besonders in Gestalt solcher Gebilde, die ich im folgenden bei den betr. Arten unter dem ebengenannten Namen *Elaiosome* (von ἔλαιον, Öl, und σῶμα, Körper) schildern werde, und dass diese Anordnungen die Ameisen anreizen, so beschaffene Verbreitungseinheiten zu nehmen. Diese Pflanzen, die sich also als myrmekochore Synzoen erwiesen haben, besitzen oft noch ausserdem in ihrer Organisation und Entwicklungsgeschichte mehrere gemeinsame, auffallende Eigentümlichkeiten.

Im Verlauf meiner Arbeit habe ich natürlich vor allem nach solchen Gebilden und Eigentümlichkeiten gesucht, und die Entdeckung derselben hat oft den Ausgangspunkt von mehr oder weniger weitläufigen neuen Untersuchungen gebildet, die sehr häufig dazu geführt haben, dass ich die myrmekophile Synzoochorie der betr. Pflanze habe konstatieren können. Ich bin hierbei jedoch nach Kräften bestrebt gewesen, so viel wie möglich die nackte Deduktion zu vermeiden, aus der Form allein auf die Funktion zu schliessen. In dem lebhaften Bewusstsein davon, auf welche Abwege die nicht von umfangreichen Naturbeobachtungen und Experimenten genügend begleitete Spekulation in der Biologie geführt hat, habe ich mich hier, wie in dem eben zitierten Werk, auch von dem Grundsatz leiten lassen, die Untersuchung auf eine möglichst objektive und empirische Basis zu stellen. Von allen Verbreitungseinheiten, mit denen ich in der Natur habe Ameisen sich beschäftigen sehen, habe ich vollständige Notizen gemacht. Bei diesen Beobachtungen suchte ich so viele Ameisenarten wie möglich zu studieren und verlegte den Ort meiner Studien nach zahlreichen Pflanzenvereinen verschiedener Art und nach vielen botanischen Gärten in verschiedenen Ländern von Europa.

Wie aus dem folgenden hervorgeht, hat es sich gezeigt, dass der weitaus grösste Teil derjenigen Samen, die man Ameisen hat transportieren sehen, mit den besonderen Lockmitteln versehen war, wovon oben die Rede gewesen ist. Dies beruht ohne Zweifel darauf, dass gerade diese Samen in der Natur diejenigen sind, welche von den Ameisen am meisten aufgesucht werden. Eine Fehlerquelle, deren Grösse allerdings schwer zu beurteilen ist, muss jedoch schon hier erwähnt werden. Die Anzahl der gerade während der Samenverbreitung neben Beständen solcher Pflanzen, die ich aus guten Gründen für myrmekochor gehalten, gemachten Beobachtungen ist aus leicht verständlichen Ursachen zahlreicher geworden als die neben Beständen von Pflanzen mit andren Verbreitungsvorrichtungen.

Die direkten Beobachtungen des Samentransports der Ameisen haben zunächst die Aufgabe gehabt, sofort die Frage von der etwaigen Myrmekochorie der betreffenden Pflanze zu entscheiden. Aber ausserdem sind diese Beobachtungen so angeordnet worden, dass sie einen Beitrag haben liefern können zu der wichtigen Frage von der Effektivität des Samentransportes der Ameisen für die Entwicklungsgeschichte der Vegetation. Zahlreiche Beobachtungsserien sind deshalb z. B. über die Anzahl

der Verbreitungseinheiten gemacht worden, die man in einer gewissen Zeit durch die Ameisen eines gewissen Gebietes hat forttragen sehen.

Wie unten näher behandelt wird, dürfen jedoch Beobachtungen dieser Art nicht zu sehr generalisiert werden, da dieselben natürlich am häufigsten auf einen Zeitpunkt verlegt wurden, wo die Samenernte der Ameisen des betreffenden Gebietes verhältnismässig intensiver und auffallender war.

Die Länge der Strecke, die der jedesmalige Transport zurücklegte, ist, wenn es möglich war, ebenfalls der Gegenstand des Studiums gewesen, sowie auch mehrere Beobachtungen dem ferneren Schicksal der Verbreitungseinheiten — wie etwaiger Anfänge von Kolonisationen — nachdem sie von den Ameisen verlassen worden waren, gewidmet wurden.

Die Verbreitungseinheiten, welche die Ameisen in ihre Nester zu schleppen vermochten — und ihre Zahl ist recht beträchtlich, wenn auch ungeheure Massen aus verschiedenen Gründen beim Transport verloren gehen — lassen sie dort nur eine gewisse Zeit liegen. Zu gewissen Zeiten veranstalten die Ameisen eine grossartige Hausreinigung durch Entfernung von allerlei Dingen, und unter den hinausgeschafften Sachen befinden sich oft die Samen und Früchte, die sie vorher mit so grosser Mühe eingesammelt hatten. Das Studium dieser Generalreinigung hat mir ausserordentlich gute Resultate gegeben, nicht am wenigsten dadurch, dass ich bei der näheren Analyse dieser Verbreitungseinheiten gefunden habe, welche Teile der Samen die Ameisen bevorzugen. Es hat sich nämlich herausgestellt, dass die Elaiosome immer sehr stark — oft in einer sehr charakteristischen Weise — angefressen sind.

Gleichzeitig mit diesen Beobachtungen über den Samentransport der Ameisen in der Natur ist eine lange Reihe Experimente mit Verbreitungseinheiten und Ameisen veranstaltet worden. Diese zeitraubende Arbeit, die einen grossen Teil von fünf Sommern und noch dazu einen beträchtlichen Teil von zwei Frühlingen im Süden in Anspruch genommen hat, habe ich für durchaus notwendig gehalten, um diejenigen Fälle von Myrmekochorie zu bestätigen, die ich auf andere Weise feststellen zu können geglaubt hatte. Im Gegensatz zu denen, die etwa meinen, dass die vorliegende Arbeit mit zu vielen Experimentprotokollen überfüllt ist, bin ich der Ansicht, dass solche Originalurkunden mitgenommen werden müssen, da sie notwendige kontrollierbare Glieder der biologischen Beweiskette sind, wie sie die hier vorliegende ist. Sie mögen vielleicht von anderen Forschern auf eine andere Weise erklärt werden und können vielleicht in Zukunft für biologische Fragen anderer Art verwendet werden als der, für die ich sie hier gebraucht habe. Viele finden vielleicht, dass ein oder zwei Experimente jeder Art genügt hätten; ich dagegen bedauere, dass aus verschiedenen Ursachen für mehrere Arten nur eine so geringe Anzahl hat zur Ausführung gelangen können. — Ich bin doch bei 92 von 132 Myrmekochoren, welche die Experimente umfassen, bis auf 3 Experimente oder darüber gekommen. Von den Arten, für welche nur ein oder zwei Experimente vorliegen, gehören die meisten den Gattungen oder Untergattungen an, deren Verbreitungseinheiten einander so ähnlich sind, dass die von einer Art gewonnene Erfahrung ohne weiteres auf die andere übertragen werden kann.

Die Experimente haben darin bestanden, dass auf den Wegen der verschiedenen Ameisenarten Depots niedergelegt wurden. Zur Erzielung einer gewissen Konformität ist für dieselbe Ameisenart derselbe Experimentplatz so oft wie möglich benutzt worden. Aus diesen Depots haben die Ameisen allmählich eine Verbreitungseinheit nach der anderen weggeführt. Für jede Minute ist angeschrieben worden, wie viele Verbreitungseinheiten noch zurück gelassen waren, doch so, dass gegen das Ende des Experiments, da der detaillierte Verlauf der Wegnahme der noch übrigen Verbreitungseinheiten ohne grösseres Interesse ist, meine Besuche der Beobachtungsstelle nach immer längeren Pausen stattfanden. Nur ausnahmsweise führe ich, wenn das Depot nicht vor dem Einbruch der Dunkelheit geleert war, die Beobachtungen eines folgenden Tages an, da dieselben wegen der hinzutretenden Fehlerquellen nur einen sehr geringen Wert haben.

Die Ameisenarten und die Lokale der Experimente sind folgende:

Aphœnogaster barbara

I. Montpellier, La Valette, an einem Strassenrand in einer Garigue.
II. Frankreich, Mont Ventoux, im oberen Teil der Olivenregion, Garigue, neben einem kleinen Ameisenhaufen.

Aphœnogaster structor

I. Frankreich, Dep. Hérault, Montferrier, am Rande eines Weinberges.

Camponotus cruentatus

I. Frankreich, Dep. Hérault, Montferrier, *Pinus halepensis*-Garigue.

Cremastogaster scutellatus

I. Frankreich, Mont Ventoux, c. 500 m ü. d. M. Eichengehölz mit spärlicher Untervegetation.

Formica exsecta

I. Nerike, Lerbäck, Klockarhyttan, Kanonbacken. SERN., Spridningsbiologi 247.
II Uppland, Almunge, Lenna, auf einer Grasflur.

Formica fusca

I. H. B. U. Sandweg (incl. Rasse *rufibarbis*). SERN., Spridningsbiologi 247.

Formica rufa

I. Uppland, Vätö, Skabbholmen, Haselhain. [1]
II. Klockarhyttan, Svinbacken. SERN., Spridningsbiologi 247.
III. Lenna, in einem Laubmischwald.
IV. Uppland, Linnés Hammarby, in einem Nadelwald.
V. Uppland, Flottsund, in einem Nadelwald.
VI. Uppland, Danmark, Nontuna in einer Laubwiese.
VII. Uppland, Dalby, auf einer Felsenplatte.
VIII. Uppland, Lassby backar, in einem Nadelwald.

[1] HESSELMANN, Laubwiesen Fig. VI.

IX. Västergötland, Kinnekulle, Ameisenstrasse in einem Fichtenwald auf Orthocerenkalk.

Formica rufa-pratensis.

I. H. B. U. Sern., Spridningsbiologi 247.

Formica rufibarbis.

I. Weg in H. B. U., auf dem Wege auch *Lasius niger.*
II. M. Ventoux, Eichenregion, am Wegrand in einem Gestrüpp von *Juniperus, Crataegus, Quercus* und *Thymus vulgaris.*

Lasius fuliginosus.

I. Flottsund, Nadelwald.
II. Uppland, Knäppingen, an der Wurzel einer alten Fichte.
III. Klockarhyttan, ausserhalb eines Nestes in der Erde, auf undeutlichem Weg zwischen Reisern und Gras in einem Birkenhain.

Lasius niger.

I. H. B. U. Sern., Spridningsbiologi 247.
II. Am Rande eines Haferfeldes unweit Montpellier.
III. Auf einem Pfade an einem Hügel in H. B. Pan.
IV. Auf Wegen in H. B. Gen.
V. Klockarhyttan, auf Wegen über einen Rasen.
VI. Auf einem Wege im alten Bot. Garten, Uppsala.

Lasius niger-alienus.

I. Klockarhyttan, am Rande eines Rasens.

Myrmica laevinodis.

I. Auf einem Wege im alten Bot. Garten, Uppsala.

Die Experimente sind im allgemeinen so angeordnet worden, dass eine gewisse Anzahl — aus praktischen Gründen immer 10 — Verbreitungseinheiten der auf etwaige Myrmekochorie besonders zu untersuchenden Art nebst ebenso vielen Verbreitungseinheiten sowohl einer als myrmekochor bekannten Art als auch einer dritten hinsichtlich der Verbreitungseinheiten den Ameisen ganz gleichgültigen Art auf den Weg gelegt wurden. Wenn ich dann fand, dass die betreffende Verbreitungseinheit myrmekochor war, habe ich das von mir als Elaiosom angesprochene Organ abzutrennen gesucht und vergleichende Experimente mit Depots angestellt, die sowohl unpräparierte als auch präparierte Verbreitungseinheiten und oft auch die herauspräparierten Elaiosome enthielten.

Indem ich diese und andere in ähnlicher Weise komponierte Experimente mit dem Samentransport der Ameisen verglich, den ich in der Natur beobachtet hatte, habe ich bei zahlreichen Verbreitungseinheiten mit recht grosser Wahrscheinlichkeit konstatieren können, ob Myrmekochorie vorgelegen, welchen Grades dieselbe gewesen und welches Organ der Verbreitungseinheit dieselbe verursacht hat.

An dieses Stadium der Untersuchung habe ich im Anfange der Abteilung II, *Organographie und Phylogenie*, eine Darstellung von der Morphologie und der Anatomie der myrmekochoren Verbreitungseinheiten, besonders ihrer Elaiosome, angeknüpft und daraufhin die Myrmekochoren in 15 Typen eingeteilt.

Man braucht sich nicht lange mit den myrmekochoren Pflanzen zu beschäftigen, um zu merken, wie sehr sie sich durch ihre Postfloration, durch ihre Verbreitungsdauer usw., ja, man könnte sagen, durch die Entwicklung des ganzen fruktifikativen Systems von den in systematischer Hinsicht nahestehenden Formen anderer Verbreitungstypen unterscheiden. Um diese Stellung der Myrmekochoren besonders vom evolutionistischen Standpunkte aus klarzulegen, habe ich mein Studium der Entwicklungsgeschichte der Morphologie und der Anatomie ihres fruktifikativen Systems in nahe Beziehung zu komparativen Untersuchungen anderer Verbreitungstypen gebracht, besonders unter den Gattungen und Familien, denen die Myrmekochoren angehören. — Einige Kapitel dieser Abteilung habe ich der Pflanzengeographie der Myrmekochoren und ihren Beziehungen zu den allgemeinen myrmekophilen Anpassungen gewidmet.

Um die Pflanzen aufzusuchen, bei deren Samenverbreitungsbiologie die Ameisen eine Rolle spielen, habe ich mir, wie schon erwähnt, Gelegenheit zu verschaffen gewusst, möglichst viele Phanerogamenarten während ihrer Postfloration und Samenverbreitung zu studieren. Zu diesem Zwecke habe ich sehr weite Reisen nach verschiedenen Teilen von Europa unternommen, teils um botanische Gärten zu besuchen, teils um in der Natur eine grössere Anzahl von Arten verschiedener Vegetationsgebiete zu beobachten.

Meine Experimente und Untersuchungen in der Natur sind in verschiedenen Teilen von Nord- und Süd-, z. T. auch von Mittel-Europa in den acht Jahren 1898—1905 gemacht worden.

Die Bedeutung der Myrmekochorie in der nordeuropäischen Pflanzenwelt habe ich hauptsächlich im südlichen Nerike und in der Umgegend von Uppsala studiert; ausserdem habe ich verschiedene Beobachtungen von Reisen in Västergötland, Södermanland, Roslagen, Dalarne, Nyland usw. Einige Erfahrungen habe ich auch auf meinen Reisen in den Gebirgen von Mittelskandinavien im Jahre 1904 und bei verschiedenen Gelegenheiten im letzten Jahrzehnt des verflossenen Jahrhunderts gesammelt.

In den Jahren 1902 und 1903 fand ich als Inhaber von »Riksstatens större utrikes-resestipendium» der Universität Upsala Gelegenheit, die mediterrane Vegetation zu studieren: teils in Südfrankreich in der Umgegend von Montpellier (März, April, Mai und Juni 1902), teils auf Sizilien in der Umgegend von Palermo (April und Mai 1903).

Über die zentraleuropäische Vegetation habe ich ameisenbiologische Aufzeichnungen vom Mont Ventoux in den französischen Alpen (Mai 1902), Heidelberg (Juni 1902) und Holland (Juni 1903).

Die botanischen Gärten, in denen ich mich länger aufgehalten habe, sind die von *Uppsala* (H. B. U.) und *Bergielund* bei *Stockholm* (H. Berg.), *Montpellier* (H. B. Monsp.) (1902), *Palermo* (H. B. Pan.) (1903), *Genua* (H. B. Gen.) (1903) und *Amsterdam* (1903). Ausserdem habe ich zahlreiche Notizen von kürzeren Besuchen in den botanischen Gärten von *Lund*, *Kopenhagen*, *Kristiania*, *Leyden* (1903), *Berlin* (1903), *Bonn* (1902), *München* (1903), *Genf* (1902), *Florenz* (1903), *Neapel* (1903) und *Messina* (1903). Von Privatgärten und Stadtparken habe ich auch einen nicht unbedeutenden Nutzen gehabt. Besonders gedenke ich mit Dankbarkeit, wie sehr ich durch die Vermittlung des Herrn Professor A. Borzis von *Palermos* herrlichen öffentlichen Gärten habe profitieren können.

Nicht nur in dem botanischen Laboratorium zu *Uppsala*, sondern auch in den botanischen Instituten von *Montpellier*, *Palermo*, *Genua* und an der *Hochschule zu Stockholm* sind mir Arbeitsplatz und Utensilien in ausserordentlich zuvorkommender Weise zur Verfügung gestellt worden.

Unter den vielen teils Vorstehern und Beamten der verschiedenen Institute und Gärten, teils Privatpersonen, denen ich für ihr Entgegenkommen und ihre freundliche Hilfe bei der Anschaffung von Studienmaterial zu grossem Danke verpflichtet bin, erlaube ich mir zu nennen:

Herrn Professor Ch. Flahault, Montpellier.
» » Granel, »
» M. Lagarde, »
» » J. Daveau »
» Professor A. Borzi, Palermo.
» » A. Terraciano, »
» Dr. La Floresta »
» » Lojacono, »
» Professor O. Penzig, Genua.
» » H. de Vries, Amsterdam.
» » Ed. Verschaffelt, »
» Direktor J. Briquet, Genf.
» Dr. St. Sommier, Florenz.
» Professor F. Delpino, Neapel.
» Dr. G. Mattei, »
» » G. Zodda, Messina.
» Professor V. B. Wittrock, Stockholm.
» » G. Lagerheim, »
» Dr. H. Hesselman, »
» » O. Rosenberg, »
» Professor S. Murbeck, Lund.
» Fil. Lic. Birger Nilsson, »
» Gymn.-Lehrer K. Johansson, Visby.
» Professor F. R. Kjellman, Uppsala.
» Bibliothekar J. M. Hulth, »
» Fil. Kand. T. Lagerberg, »

Zu ganz besonderem Danke verpflichtet bin ich dem hervorragenden Myrmekologen, Herrn Lektor Dr. G. ADLERZ in Sundsvall, der sich der nicht unbedeutenden Arbeit unterzogen hat, die Unmenge Ameisenproben zu bestimmen, die ich, da ich selbst kein Ameisenkenner bin und deshalb alle meine Beobachtungen und Experimente über ihre Arbeit durch Mitnahme von Proben habe verifizieren müssen, viele Jahre hindurch gesammelt und ihm zur Bestimmung übergeben habe.

Von der Königlichen Schwedischen Akademie der Wissenschaften habe ich eine Unterstützung aus dem HAHNschen Fonds von 400 Kronen als Beitrag zur Herstellung der Zeichnungen empfangen, was ich hier mit Dankbarkeit erwähne.

ABTEILUNG I

EXPERIMENTE UND BEOBACHTUNGEN IN DER NATUR

Übersicht über die Typen der myrmekochoren Synzoen.

Aus praktischen Gründen antizipiere ich schon jetzt die Einteilung in Typen, die ich bei den Pflanzen machen zu können glaube, betreffs deren ich durch eine Reihe Beobachtungen, worüber ich im Folgenden Bericht geben will, gefunden habe, dass sie myrmekochore Synzoen sind.

Die zwei ersten Gründe meiner Einteilung habe ich einem biologischen Gesichtspunkte entnommen: ob Anordnungen für das erste Entfernen der Verbreitungseinheiten von der Mutterpflanze vorhanden sind oder nicht. Die folgenden Einteilungen sind morphologisch, auf den Platz und die Natur der Elaiosome und — in der Abteilung B — auch auf die Beschaffenheit der ersten Entfernungsorganisation gegründet.

Die Typen von myrmekochoren Synzoen, die hier mitgeteilt werden, sind, wie man sieht, viel zahlreicher als diejenigen, die ich in meiner Spridningsbiologi, (p. 293—294) im Jahre 1901 aufstellen konnte. Dieser Zuwachs beruht teils darauf, dass ich seitdem mehrere neue Myrmekochoren von früher unbekannter Organisation gefunden oder habe unterscheiden können, teils darauf, dass ich zwei von den alten Typen: den *Viola odorata*- und den *Trichera*-Typus geteilt habe. Die auf biologische Gründe gestützte Aufstellung und Einteilung der Gruppe B machte es nötig, den *Euphorbia*- und den *Polygala*-Typus von dem ersterwähnten und den *Hepatica*- und den *Amberboa*-Typus von dem letzterwähnten abzusondern. Mein alter *Trichera*-Typus umfasste auch Früchte mit biologisch gleichartigem Basalappendix, welche jedoch, wenn man, wie es für die Gruppe A systematisch durchgeführt ist, morphologische Einteilungsgründe anlegt, in solche, die von der morphologischen Frucht selbst ausgehen, und solche, die von den diese umgebenden Vorblattbasen gebildet sind, gesondert werden müssen.

Das neue Typenschema hat folgendes Aussehen:

Übersicht über die Typen der myrmekochoren Synzoen.

A.

Andere Verbreitungsanordnungen fehlen.

1. Differenzierte Elaiosome nicht ausgebildet.
   Samen mit dünner Samenschale, deren
   Zellwände mit fettem Öl imprägniert sind. 1. Der *Puschkinia*-Typus.

2. Differenzierte Elaiosome vorhanden.
   - I. Das Elaiosom ein Teil des Samens oder der Frucht.
     - Samen, bei denen die Strophiole oder die Caruncula als Elaiosom ausgebildet ist (bisweilen auch grössere oder geringere Partien der Samenschale ölhaltig) . . . . . 2. Der *Viola odorata*-Typus.
     - Frucht, bei der die Basalpartie als Elaiosom ausgebildet ist . . . . . 3. Der *Hepatica*-Typus.
   - II. Das Elaiosom ein Teil des Perigons.
     - Basis des Perigons als Elaiosom ausgebildet 4. Der *Parietaria lusitanica*-Typus.
   - III. Das Elaisom ein Teil der Blütenachse oder des Blütenstiels.
     - Teilfrucht, bei der die Pseudostrophiole[1] als Elaiosom ausgebildet ist . . . . . 5. Der *Ajuga*-Typus.
     - Die Blütenachse unmittelbar unterhalb der Frucht oder der Scheinfrucht als Elaiosom ausgebildet . . . . . 6. Der *Aremonia*-Typus.
   - IV. Das Elaiosom Teil von Hochblättern.
     - Die Basis des Utriculus zum Elaiosom umgebildet . . . . . 7. Der *Carex digitata*-Typus.
   - V. Das Elaiosom ausserhalb der eigentlichen Blüte.
     - Teil der Infloreszenz als Elaiosom (?) ausgebildet . . . . . 8. Der *Melica nutans*-Typus.

B.

Anordnungen sind ausserdem vorhanden, durch welche die erste Entfernung von der Mutterpflanze vermittelt wird.

- I. Samen vom *Viola odorata*-Typus.
  - Samen in Kapseln mit Ausschleuderungsmechanismus . . . . . 9. Der *Euphorbia*-Typus.
  - Samen zunächst von einer für anemochore Verbreitung ausgebildeten Kapsel transportiert . . . . . 10. Der *Polygala*-Typus.
- II. Früchte vom *Hepatica*-Typus.
  - Mit Pappus, der teils zu anemochorer Verbreitung beiträgt, teils auch aktiv die Früchte transportiert . . . . . 11. Der *Amberboa*-Typus.
  - Früchte mit lufthaltigen Räumen, die als Flotteure dienen . . . . . 12. Der *Fedia*-Typus.

[1] Ich gebe diesen Namen einem besonders ausgebildeten Teil der Blütenachse, der bei gewissen *Borragineen* und *Labiaten* die Teilfrucht begleitet.

III.	Früchte mit rasch abfallendem Pappus, das Elaiosom aus der Stiftbasis ausgebildet	13. Der *Galactites*-Typus.
IV.	Das Elaiosom ein Teil von Hochblättern. Früchte mit Kelch, der als mehr oder weniger unvollkommener Windflotteur fungiert; die Basis der umschliessenden Vorblätter als Elaiosom ausgebildet	14. Der *Trichera*-Typus.
	Die Früchte lose umschliessende Blütenspelzen als Windflotteure. Zwei Elaiosome als Wulste auf den Seiten der inneren Blütenspelze	15. Der *Triodia*-Typus.

In den folgenden Kapiteln werden, Typus für Typus, Beobachtungen und Experimente betreffs aller der Verbreitungseinheiten angeführt und diskutiert, über welche ich diese Typeneinteilung aufzustellen versucht habe.

Der Puschkinia-Typus.

Hierher gehören einige Liliaceen mit Samen, die ohne eigentliche Elaiosome, bei der Verbreitung aber von einem Ölhäutchen umgeben sind, das mit aller Sicherheit die Ursache dafür ist, dass, wie die folgenden Beobachtungen und Experimente zeigen, die Ameisen ziemlich begierig sie aufsuchen und forttragen.

Liliaceæ.

Allium ursinum.

Im Sommer 1901 brachte ich einen Teil des Julimonats auf HESSELMANS Versuchsstation, Skabbholmen in Roslagen, zu, um u. a. die Verbreitung bei den hier reichlich vorkommenden *Allium ursinum* und *Mercurialis perennis* zu studieren. *A. ursinum*, in dem ich wegen seiner ganzen Organographie schon seit langem eine Myrmekochore vermutet hatte, erwies sich auch als solche. Als gegen den 22. Juli die ersten Kapseln sich zu öffnen begannen, wurde auch am selben Tage *Formica rufa* beobachtet, wie sie die Samen aufsammelte, die aus einigen der Kapseln der nun erschlaffenden Stiele fielen. Während der 4 verschiedenen Male, zu je 15 Minuten, wo ich in einem kleinen Haselhain, woselbst unsere Pflanze üppige Bestände bildete, nach *Formica rufa* mit deren Samen suchte, erhielt ich folgende Resultate:

11,35—11,50 Vorm.: 5 Samen	5,15—5,30 Nachm.: 1 Samen
12,20—12,35 Nachm.: 1 ☞ »	7,0 —7,15 Nachm.: 0 »

Die Experimente, sowohl gegen *Centaurea dealbata* wie gegen die präparierten *Helleborus*-Samen und *Ajuga*-Früchte, bestätigen noch mehr die Begierde der *Formica rufa* nach den Samen der Pflanzen.

Experimente.

Exp. 1. *Allium ursinum*. Skabbholmen. $19^{20}/_{7}01$. *Helleborus foetidus*. H. Berg. $19^{17}/_{7}01$.

Formica rufa I.

Sehr warm, klar und sonnig.

	Übriggeblieben										
$19^{20}/_{7}$ 01	11,10 Vm.	11,12	11,20	11,21	11,25	11,31	11,32	11,38	11,42	11,43	11,45
Allium ursinum: Samen	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9
Helleborus foetidus: Samen mit Anhang	10	9	8	7	7	6	6	4	3	2	1
» » » » fortgenommenem Anhang	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8

	Übriggeblieben																	
$19^{20}/_{7}$ 01	11,47 Vm.	11,48	11,50	11,56	12,4	12,10	12,14	12,19	12,20	12,23	12,34	12,55	12,56	1,1	1,2	1,45	1,55	2,0	3,6
	8	7	6	6	5	4	3	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	8	8	8	8	8	7	6	5	5	5	5	4	4	3	3	2	2	0

Exp. 2. *Allium ursinum.* Skabbholmen $19^{20}/_{7}$ 01. *Centaurea dealbata.* H. Berg. $19^{17}/_{7}$ 01.

Formica rufa I.

Sehr warm, klar und sonnig.

	Übriggeblieben																	
$19^{20}/_{7}$ 01	6,15 Nm.	6,18	6,23	6,24	6,30	6,37	6,38	6,40	6,43	6,52	6,57	6,58	7,1	7,15	7,42	7,57	8,20	8,56	9,21
Allium ursinum: Samen	10	9	8	8	7	6	5	5	4	3	3	2	2	2	0	0	0	0	0
Centaurea dealbata: Früchte	10	10	10	9	9	8	8	7	7	7	6	6	5	5	3	2	2	1	0

Exp. 3. *Ajuga pyramidalis.* Lerbäck, Nadelwaldsaum $19^{12}/_{8}$ 02. *Allium ursinum.* Die Samen hatte ich an abgenommenen Stielen nachreifen lassen. Kinnekulle, Råbäcks Munkäng $19^{22}/_{7}$ 02.

Formica rufa II.

Halbbewölkt, ziemlich kühl.

	Übriggeblieben																	
$19^{14}/_{8}$ 02	10,34 Vm.	10,35	10,36	10,37	10,38	10,39	10,40	10,41	10,42	10,43	10,44	10,45	10,46	10,59	11,4	11,5	11,9	11,13
Ajuga pyramidalis: Unpräparirte Teilfrüchte mit Pseudostrophiole	10	7	5	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ajuga pyramidalis: Fruchtsteine	10	10	10	10	9	8	7	7	6	5	4	3	3	3	3	2	1	0
Allium ursinum: Samen	10	10	10	10	10	9	8	6	2	2	2	2	2	1	0	0	0	0

Ornithogalum Kotschyanum.

Seit wenigstens einem halben Jahrhundert ist in H. B. U. eine schöne eigentümliche *Ornithogalum*-Art, etikettiert *O. Kotschyanum*, kultiviert worden, und unter demselben Namen habe ich sie in den botanischen Gärten in Lund und Kopenhagen

gesehen. Es ist mir unmöglich gewesen, den Namen in der Literatur aufzufinden[1]) oder die Pflanze mit einer unter anderem Namen gehenden Art zu identifizieren.

Sie unterscheidet sich in vielen Hinsichten von anderen *Ornithogala*, nicht zum wenigsten durch ihr Verhalten während der Samenverbreitung. Die Kapseln befinden sich während derselben, wie ich sie weiter unten schildern werde, nahe der Erdoberfläche, und ich habe in H. B. U. beobachtet, wie auf ihrer Parzelle kleine Ameisen mit den schwarzen, kantigen Samen in und neben den Kapseln einherziehen. Auf der Seite ihrer Parzelle zählte ich vor einer Eingangsöffnung zu einem Bau von *Lasius niger* unter dem Auswurfgut 19 Samen von *O. Kotschyanum* $19^{30}/_{6}01$.

Experimente.

Diese zeigen keinen höheren Grad von Myrmekophilie, aber doch einen deutlichen. Vgl. z. B. ihr Verhalten gegenüber den *Carex*-Früchten und *Claytonia* in Exp. 3 und 4.

Exp. 1. (SERN., Spridningsbiologi 279.) *Ornithogalum Kotschyanum*. H. B. U. $19^{5}/_{7}00$.

Lasius niger I.

Beide Tage sonnig, ziemlich warm.

	Übriggeblieben					
$19^{5}/_{7}00$	2,5 Nm.	2,25	3,40	$19^{6}/_{7}00$	11,45 Vm.	3,55
Ornithogalum Kotschyanum: Samen	10	10	8		1	1

Wenige Ameisen.

Exp. 2. *Ornithogalum Kotschyanum*, *Scilla amoena*, *Stellaria Holostea* und *Viola pubescens*. H. B. U. $19^{22}/_{6}01$.

Formica rufa-pratensis I.

Sonnenschein und drückende Wärme.

	Übriggeblieben										
$19^{22}/_{6}01$	2 Nm.	2,3	2,5	2,8	2,10	2,11	2,13	2,15	2,16	2,18	2,20
Ornithogalum Kotschyanum: Samen	10	10	10	10	10	10	9	8	5	5	4
Scilla amoena: Samen	10	10	10	9	8	7	7	6	6	5	5
Stellaria Holostea: Samen	10	10	7	7	6	6	6	6	6	5	5
Viola pubescens: Samen	10	9	7	7	5	3	3	1	1	0	0

	Übriggeblieben															
$19^{22}/_{6}01$	2,21 Nm.	2,22	2,23	2,26	2,27	2,29	2,30	2,32	2,33	2,40	2,45	2,50	2,52	2,59	3,15	7,9
	4	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1	0	0	0	0
	5	4	4	3	3	3	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0
	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

[1] In Lund sah ich (1896) auf einem Etikett FENZL als Autornamen angegeben.

Exp. 3. *Carex stricta.* Uppland, Almunge, Seeufer $19^{1}/_{7}05$. *Claytonia perfoliata* und *Ornithogalum Kotschyanum.* H. B. U. $19^{30}/_{6}05$.

Formica rufa III.

Kühl, bewölkt.

	Übriggeblieben																				
$19^{1}/_{7}05$	12,37 Nm.	12,38	12,39	12,40	12,42	12,43	12,45	12,46	12,48	12,49	12,50	12,51	12,52	12,53	12,56	1,2	1,3	1,4	1,10	2,12	5,50
Carex stricta: Verbreitungseinheiten	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	8	6
Claytonia perfoliata: Samen	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9	8	8	6	0
Ornithogalum Kotschyanum: Samen . .	10	10	8	7	7	6	6	5	5	5	4	3	3	2	2	2	1	0	0	0	0

Exp. 4. *Carex glauca, Claytonia perfoliata* und *Ornithogalum Kotschyanum.* H. B. U. $19^{5}/_{7}05$.

Formica rufa III.

Ziemlich warm, halbklar, windig.

	Übriggeblieben														
$19^{6}/_{7}05$	12,26 Nm.	12,32	12,33	12,41	12,43	12,44	12,45	12,46	12,48	12,49	12,54	1,0	1,35	1,47	4,48
Carex glauca: Verbreitungseinh.	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	6	6	4
Claytonia perfoliata: Samen . .	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	5	4	0
Ornithogalum Kotschyanum: Samen	10	9	8	7	6	5	5	4	3	3	2	2	1	1	0

Die Zahlen nach 1,0 Nm. von geringem Wert.

Ornithogalum nutans.

Aus dem nach dem Öffnen schnell zusammentrocknenden, von dem langen, schlaffen Stiel herabhängenden Kapseln fallen die grossen, grubigen, ölglänzenden Samen bald zu Boden. Ich habe nicht Gelegenheit gehabt, hinreichend viele Exemplare zu beobachten, um zu sehen, ob sie hier von Ameisen ergriffen werden. Ihre stark mit Öl überzogene Oberfläche wirkt jedoch, wie die folgenden Experimente zeigen, in gewissem Grade anlockend. Den sprechendsten Beweis dafür liefert Exp. 2, wo der zweite Versuchssamen einer so typisch ausgeprägten Myrmekochoren wie *Nonnea* angehört.

Experimente.

Exp. 1. *Mercurialis annua.* Montpellier, La Valette, Weinfeld. $19^{4}/_{5}02$. *Ornithogalum nutans.* H. B. Monsp. $19^{6}/_{5}02$. *Rosmarinus officinalis.* La Valette, Garigue. $19^{4}/_{5}02$.

Lasius niger II.

Sonnig, windig, ziemlich warm an beiden Tagen.

	Übriggeblieben									
19 $^{6}/_{5}$ 02	2,40 Nm.	2,48	2,49	2,50	2,51	2,52	2,53	2,54	2,55	2,56
Mercurialis annua: Samen	10	10	10	10	9	8	7	6	6	5
Ornithogalum nutans: Samen	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Rosmarinus officinalis: Teilfrüchte	10	9	8	7	6	5	5	3	2	1

	Übriggeblieben													
19 $^{6}/_{5}$ 02	2,57 Nm.	2,58	2,59	3,0	3,4	3,7	3,10	3,15	3,17	3,19	3,24	3,25	4,3	6,45
	4	3	3	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	10	9	9	8	7	6	5	5	4	3	2	1	1	0
	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Exp. 2. *Nonnea nigricans* und *Ornithogalum nutans.* H. B. Montp. 19 $^{7}/_{5}$ 02.
Lasius niger II.
Warm, sonnig, etwas windig.

	Übriggeblieben									
19 $^{7}/_{5}$ 02	10,36 Vm.	10,47	10,50	10,51	10,52	10,53	10,54	10,57	10,58	10,59
Nonnea nigricans: Teilfrüchte mit Pseudostrophiolen	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9
Nonnea nigricans: Teilfrüchte mit entfernter Pseudostophiole	10	10	10	10	9	9	8	7	7	7
Ornithogalum nutans: Samen	10	9	8	7	7	6	6	6	5	4

	Übriggeblieben															
19 $^{7}/_{5}$ 02	11,0	11,1	11,4	11,5	11,8	11,9	11,10	11,11	11,12	11,14	11,15	11,16	11,17	11,18	11,19	11,21	11,33
	8	8	8	7	6	5	5	4	4	3	3	3	2	1	1	0	0
	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	5	3	3	2	1	1	0
	4	4	3	3	3	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Exp. 3. *Arimonia agrimonioides.* H. B. Amst. 19 $^{19}/_{6}$ 03. *Ornithogalum nutans.* H. B. Amst. 19 $^{5}/_{6}$ 03.
Formica exsecta I.
Warm, sonnig.

	Übriggeblieben											
19 $^{25}/_{6}$ 03	5,59 Nm.	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,8	6,9	6,10	6,11	6,13
Arimonia agrimonioides: Früchte mit Elaiosom	10	9	8	7	5	5	4	4	3	2	1	1	1
Früchte mit entferntem Elaiosom	10	10	10	10	9	8	7	7	7	6	6	6	6
Ornithogalum nutans: Samen	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	8	8

	Übriggeblieben																
$19^{25}/_{6}03$	6,14 Nm.	6,16	6,17	6,18	6,19	6,20	6,21	6,22	6,23	6,24	6,25	6,30	6,33	7,59	8,37	8,59	$19^{26}/_{6}03$ 10,9 Vm.
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	6	6	5	3	3	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	8	8	7	6	6	5	5	5	5	5	5	5	3	3	2	2	0

Puschkinia scilloides.

Wenn man während der kurzen, in den Vorsommer fallenden Samenverbreitungszeit in einem botanischen Garten eine Parzelle dieser Pflanze beobachtet, so entdeckt man bald eine Anzahl kleiner Ameisen damit beschäftigt, die Samen einzusammeln, die reichlich auf dem Boden neben den niedergefallenen vertrockneten Stengeln oder noch in den weitgeöffneten Kapseln liegen. Im H. B. U. wurden an einem warmen, windigen Vormittag $19^{7}/_{6}01$ auf einer solchen Parzelle *Formica fusca* und *F. rufibarbis*, besonders die erstere, lebhaft mit diesem Transport beschäftigt gefunden. In der Zeit 12,4—12,15 Nm. z. B. trugen zie 8 Samen fort, wovon jedoch eine *F. fusca* auf einmal 4 nahm, die schwach mit einander zusammenhingen.

Experimente.

Ich habe nur mit *Formica exsecta* experimentiert. Jedesmal stürzten sich diese mit erstaunlicher Energie auf die Samen, die sich als ebenso begehrt erwiesen wie die von *Luzula pilosa* mit ihren prächtigen Elaiosomen.

Exp. 1 (Sern., Spridningsbiologi 279.) *Puschkinia scilloides.* H. B. U. $19^{11}/_{6}00$. *Formica exsecta* I.

Ziemlich warm, windig.

	Übriggeblieben		
$19^{20}/_{6}00$	11,25 Vm.	11,30	11,35
Puschkinia scilloides: Samen	10	8	0

Exp. 2 (Sern., Spridningsbiologi 273.) *Luzula pilosa.* Nerike, Lerbäck, Klockarhyttan $19^{20}/_{6}00$. *Puschkinia scilloides* H. B. U. $19^{11}/_{6}00$.

Formica exsecta I.

Ziemlich warm, sonnig.

	Übriggeblieben				
$19^{20}/_{6}00$	11,40 Vm.	11,42	11,43	11,44	11,47
Luzula pilosa: Samen	10	5	1	0	0
Puschkinia scilloides: Samen .	10	4	2	1	0

Der Transport der *Puschkinia*-Samen wurde sehr dadurch aufgehalten, dass mehrere Ameisen — bis zu 5 an einem Samen — in verschiedenen Richtungen zogen.

Exp. 3 (SERN., Spridningsbiologi 272). *Luzula campestris* und *L. pilosa*. Klockarhyttan. $19^{20}/_{6}00$. *Puschkinia scilloides*. H. B. U. $19^{11}/_{6}00$.

Formica exsecta I.

Ziemlich warm, sonnig.

	Übriggeblieben			
$19^{20}/_{6}00$	12,35 Nm.	12,40	12,45	12,50
Luzula campestris: Samen	10	10	10	10
» *pilosa:* Samen	10	1	0	0
Puschkinia scilloides: Samen . . .	10	4	0	0

Der Transport der *Puschkinia*-Samen wurde dadurch behindert, dass mehrere Ameisen gleichzeitig nach verschiedenen Richtungen zogen. Die *Luzula campestris*-Samen wurden palpiert, aber nicht transportiert.

Triteleia uniflora.

Den geöffneten Kapseln an den seit Beginn der Postfloration auf dem Boden aufliegenden Stielen habe ich Samen zu folgenden Experimenten entnommen, die für sie eine ziemlich unbestreitbare Myrmekochorie ergeben, wenn es mir auch an Gelegenheit gefehlt hat, sie durch direkte Beobachtung in der Natur zu bestätigen.

Experimente.

Exp. 1. *Ajuga Iva*. Montpellier, La Valette, Wegrand in Garigue. $19^{31}/_{5}02$. *Anchusa officinalis* und *Triteleia uniflora*. H. B. Monsp. $19^{1}/_{6}02$.

Aphœnogaster barbara I.

Halbbewölkt, windig, ziemlich kalt.

	Übriggeblieben														
$19^{1}/_{6}02$	3,25 Nm.	3,26	3,27	3,28	3,29	3,30	3,31	3,32	3,33	3,34	3,35	3,36	3,37	3,38	3,39
Ajuga Iva.: Teilfrüchte mit Elaiosom	10	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
» » Teilfrüchte mit entferntem Elaisom	10	9	9	8	7	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Anchusa officinalis: Teilfrüchte . .	10	8	8	8	7	7	7	6	4	4	3	2	1	1	0
Triteleia uniflora: Samen	10	8	4	3	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0

Exp. 2. Wie beim vorhergehenden Experiment.

	Übriggeblieben																
$19^{1}/_{6}02$	4,3 Nm.	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,10	4,12	4,13	4,14	4,15	4,16	4,18	4,19	4,20	4,21	4,23
Ajuga Iva: Teilfrüchte m. Elaiosom.	10	9	7	7	7	6	6	6	3	3	2	2	2	2	1	1	1
» » Teilfrüchte mit entferntem Elaiosom	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9
Anchusa officinalis: Teilfrüchte .	10	9	8	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	5
Triteleia uniflora: Samen	10	10	9	7	7	7	7	6	5	4	4	3	2	2	1	0	0

	Übriggeblieben										
$19^{1}/_{6}02$	4,24 Nm.	4,25	4,26	4,28	4,30	4,31	4,32	4,36	4,42	4,47	4,52
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	8	8	7	6	5	5	4	3	1	0
	5	4	4	2	2	2	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Exp. 3. *Allium triquetrum.* H. B. Monsp. $19^{6}/_{6}02$. *Carduus pycnocephalus.* Montpellier, Wegrand. $19^{6-7}/_{6}02$. *Triteleia uniflora.* H. B. Monsp. $19^{7}/_{6}02$. *Lasius niger* II.
Warm, sonnig, windig.

	Übriggeblieben											
$19^{7}/_{6}02$	9,8 Vm	9,9	9,12	9,13	9,14	9,15	9,16	9,17	9,23	9,24	9,26	9,27
Allium triquetrum: Samen	10	8	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1
Carduus pycnocephalus: Früchte mit Elaiosom . . .	10	10	10	10	10	10	10	10	9	8	7	6[1])
» » Früchte mit entferntem Elaiosom	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Triteleia uniflora: Samen	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

	Übriggeblieben.																												
$19^{7}/_{6}02$	9,28 Vm.	9,31	9,33	9,35	9,36	9,37	9,38	9,39	9,42	9,49	9,53	9,54	9,55	9,58	10,2	10,3	10,4	10,8	10,15	10,18	10,20	10,21	10,22	10,25	10,27	10,31	10,32
	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	6	6	6	5	5	5	4	4	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	8	8	7	7	6	5	4	3	3	1	0
	10	9	8	8	8	7	6	6	5	5	5	4	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0

[1] Wurde von *Formica fusca* genommen. Den ganzen Frühling und Vorsommer konnte man verschiedene Individuen dieser Ameisenart schnell zwischen den Experimentameisen hin und her laufen sehen. In scheuen, hastigen Tempo stürzten sie zuweilen nach dem Depot hin und nahmen sich irgend einen der besten Leckerbissen. Obgleich bedeutend grösser als die Experimentameisen flohen sie doch bei zufälliger Berührung mit denselben augenblicklich und liessen ihren Raub fallen.

Der Viola odorata-Typus.

Es ist eine nicht unbedeutende Anzahl sowohl mono- wie dikotyledoner Familien, die zu diesem bereits von KERNER unterschiedenen und von mir in meiner Spridningsbiologi mit Namen versehenen und später bestimmten Typus gehören, der als der wichtigste von ihnen allen angesehen werden muss. Noch grösser wird die Zahl, wenn eine Reihe Formen aus dem *Euphorbia*-Typus mit äusserst schwach explosiven Früchten, wie z. B. mehrere *Corydalis*-Arten, hierhergezogen werden. Ferner kommen, wenn meine Schlüsse betreffs der Pflanzen, deren Myrmekochorie man als auf Mimicry beruhend annimmt, richtig sind, auch die Gattung *Melampyrum* und eine Reihe *Helleborus*-Arten hinzu.

Bei dem *Viola odorata*-Typus lässt sich das Elaiosom ziemlich leicht entfernen, weshalb eine Reihe aufschlussreicher Experimente mit Samen mit und ohne Elaiosom und, wenn diese nicht zu klein und ihrer Konsistenz nach zu lose sind, mit isolierten Elaiosomen angestellt werden können. Indessen zeigt es sich, dass bisweilen auch andere Teile des Samens, die nicht gut zu dem eigentlichen Elaiosom gerechnet werden können, oberflächliche Ölanhäufungen besitzen, die den Ameisen nicht gleichgültig sind, was die Resultate der Experimente verwickelt.

Juncaceæ.

Luzula pilosa.

Während der kurzen Zeit, in welcher im mittleren Schweden — gewöhnlich in der letzten Hälfte des Juni, nur in dem abnormen Sommer 1902 noch weit in den Juli hinein (Kinnekulle, *abiegnum hylocomiosum*, *Formica rufa* mit 4 Samen und 1 offenen, gestielten Kapsel mit 1 Samen am 17. Juli) — *Luzula pilosa* ihre Samen zu Boden streut, werden sie hier äusserst begierig von mehreren Arten Ameisen aufgesucht, die sie dann weit umher verbreiten. Über *Formica rufa* und *F. exsecta* habe ich Jahr für Jahr aus Nerike eine ganze Reihe solcher Beobachtungen aus Nadelwäldern, Laubwiesen usw.; wie auch aus Uppland über *Formica rufa*. Vereinzelte Aufzeichnungen habe ich über *Myrmica lævinodis* (Klockarhyttan, Laubwiese (SERN., Spridningsbiologi 237) $19^{15}/_{6}01$), *Lasius niger* (Klockarhyttan, Nadel-

waldrand mit 3 Samen $19^{15}/_{6}01$) und *Lasius fuliginosus* (Uppsala, Knäppingen, Fichtenwald, 16 Samen $19^{21}/_{6}01$). — Ausser Samen werden manchmal ganze Kapseln transportiert. Die Experimente ergeben auch einen ungewöhnlich hoben Grad von Myrmekochorie. Exp. 1 demonstriert die Bedeutung des Elaiosoms hierbei.

Experimente.

Exp. 1 (Sern., Spridningsbiologi 273). *Luzula pilosa.* Klockarhyttan. $19^{19}/_{6}00$.
Formica exsecta I.
Warm, sonnig.

	Übriggeblieben					
$19^{19}/_{6}00$	12,0 M.	12,5	12,10	12,15	12,40	1,50
Luzula pilosa: Unpräparierte Samen	10	6	4	0	0	0
» » Samen mit entferntem Elaiosom .	10	8	7	5	5	0
» » Elaiosome	10	6	0	0	0	0

Exp. 2 (Sern., Spridningsbiologi 273). Exp. 2 unter *Puschkinia scilloides.*
Exp. 3 (Sern., Spridningsbiologi 212). Exp. 3 unter *Puschkinia scilloides.*
Exp. 4 (Sern., Spridningsbiologi 250). *Anemone nemorosa, Hepatica triloba* und *Luzula pilosa.* Klockarhyttan $19^{20}/_{6}00$.
Formica exsecta I.
Ziemlich warm, windig.

	Übriggeblieben								
$19^{20}/_{6}00$	1,10 Nm.	1,15	1,25	1,30	1,35	1,37	1,42	2,15	2,35
Anemone nemorosa: Früchte	10	10	10	8	8	8	6	4	0
Hepatica triloba: Früchte	10	4	4	1	1	0	0	0	0
Luzula pilosa: Samen	10	0	0	0	0	0	0	0	0

Exp. 5 (Sern., Spridningsbiologi 252). *Hepatica triloba* und *Luzula pilosa.* Klockarhyttan $19^{20}/_{6}00$.
Formica rufa II.
Ziemlich warm, windig.

	Übriggeblieben					
$19^{20}/_{6}00$	5,55 Nm.	5,57	5,58	5,59	6,0	6,1
Hepatica triloba: Früchte . .	10	8	7	5	2	0
Luzula pilosa: Samen	10	2	0	0	0	0

Beim Wegnehmen der *Hepatica*-Früchte hinderten sich die Ameisen gegenseitig durch zu grossen Eifer.

Exp. 6. *Anemone nemorosa, Hepatica triloba, Luzula pilosa* und *Viola arvensis.* Klockarhyttan $19^{21}/_{6}00$. *Secale cereale,* Körner von der vorjährigen Ernte.
Formica exsecta I.
Warm, etwas windig.

	Übriggeblieben															
$19^{21}/_{6}00$	11,35 Vm.	11,40	11,45	11,50	11,55	12,0	12,5	12,10	12,15	12,25	12,30	12,35	12,50	1,45	2,55	8,5
Anemone nemorosa: Früchte .	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	8	8	7	2	0	0
Hepatica triloba: Früchte . .	10	8	5	5	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Luzula pilosa: Samen	10	8	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Secale cereale: Früchte . . .	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Viola arvensis: Samen . . .	10	10	10	7	6	5	4	3	2	2	2	2	1	0	0	0

Exp. 7 (SERN., Spridningsbiologi 274). *Luzula pilosa.* Klockarhyttan $19^{21}/_{6}00$. *Lasius niger-alienus* I.
Warm, etwas windig.

	Übriggeblieben							
$19^{21}/_{6}00$	6,40 Nm.	6,42	6,44	6,47	6,50	6,55	7,0	7,10
Luzula pilosa: Samen . . .	10	5	4	4	3	1	0	0

Die Ameisen waren lebhaft damit beschäftigt, quer über den Sandgang Blattläuse von einer gerade gegenüber liegenden Gebüschgruppe zu transportieren.

Exp. 8 (SERN., Spridningsbiologi 259). *Carex pallescens* und *Luzula pilosa.* Klockarhyttan $19^{28}/_{6}00$. *Scilla sibirica.* H. B. U. Die Samen, am $19^{11}/_{6}00$ eingesammelt, hatte ich in ihren Kapseln nachreifen lassen.
Formica rufa II.
Warm, sonnig.

	Übriggeblieben												
$19^{28}/_{6}00$	1,37 Nm.	1,39	1,40	1,41	1,42	1,45	1,46	1,48	1,50	2,0	2,6	2,20	3,7
Carex pallescens: Verbreitungseinheiten	10	8	8	7	5	5	5	4	3	2	1	1	0
Luzula pilosa: Samen . .	10	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scilla sibirica: Samen . .	10	8	8	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Liliaceæ.

Allium triquetrum.

Die Experimente, die ich Gelegenheit hatte mit in den botanischen Gärten zu Montpellier und Palermo den bei der Samenreife wie bei *A. ursinum* erschlaffenden Infloreszenzen entnommenen Samen anzustellen, ergeben deutliche Myrmekochorie, die ferner dadurch bestätigt wird, dass ich auf der Parzelle der Art im H. B. Monsp. $19^{24}/_{5}02$, wo die Samenverbreitung ihren Anfang nahm, *Pheidole pellucida* 3 Samen, mehrere Ameisen an jedem, schleppend und *Aphænogaster barbara* mit 1 Samen 2 Meter von der Parzelle gefunden habe. Wie die Experimente 2 und 4 zeigen, bedingt das grosse, schön ausgebildete Elaiosom diese Eigenschaft, aber das Exp. 4 deutet darauf

hin, dass der Samen auch ohne dasselbe die Ameisen mehr anlockt als z. B. die überhaupt nicht myrmekochore *A. neapolitanum*. — Die Myrmekochorie scheint entschieden schwächer zu sein als bei den zum *Ajuga*-Typus gehörigen *Lamium maculatum* und *Galeobdolon luteum*.

Experimente.

Exp. 1. *Allium triquetrum, Calendula arvensis* und *Galeobdolon luteum*. H. B. Monsp. $19^{24}/_{5}02$.

Lasius niger II.

Warm, sonnig, windstill an beiden Tagen. Kein Regen in der Nacht.

	Übriggeblieben															
$19^{24}/_{5}02$	4,41 Nm.	4,44	4,51	4,52	5,4	5.14	5,16	5,28	5,30	5,32	6,55	$19^{25}/_{5}02$	8,5 Vm.	8,45	8,47	8,48	8,51
Allium triquetrum: Samen	10	10	10	9	9	8	7	7	7	7	7		3	3	3	2	1
Calendula arvensis: Larvenfrüchte	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		10	10	10	10	9
Galeobdolon luteum: Teilfrüchte	10	9	8	7	6	6	6	5	4	3	3		2	1	0	0	0

	Übriggeblieben			
$19^{25}/_{5}02$	8,53 Vm.	9,7	4,35	5,7
	0	0	0	0
	9	9	5	5
	0	0	0	0

Exp. 2. *Allium triquetrum* H. B. Monsp. $19^{26}/_{5}02$. *Lamium maculatum* Mont Ventoux, Brantes. $19^{21}/_{5}02$.

Lasius niger II.

Warm, sonnig an beiden Tagen.

	Übriggeblieben											
$19^{26}/_{5}02$	3,22 Nm.	3,30	3,31	3,32	3,34	3,35	3,36	3,37	3,48	3,52	3.55	3.58
Allium triquetrum: Samen mit Elaiosom	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
» » : Samen mit entferntem Elaiosom	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Lamium maculatum: Teilfrüchte mit Elaiosom	10	9	8	7	7	6	5	4	3	2	1	0
» » : Teilfrüchte m. entferntem Elaiosom	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

	Übriggeblieben					
$19^{26}/_{5}02$	7,42 Nm.	7,45	$19^{27}/_{5}02$	10,15Vm.	11,20	2,32
	10	10		1	1	0
	10	10		10	10	10
	0	0		0	0	0
	10	9		4	4	4

Exp. 3. Exp. 3 unter *Triteleia uniflora*.

Exp. 4. *Allium neapolitanum* und *A. triquetrum*. H. B. Pan. $19^{8}/_{5}03$. *Calendula officinalis*. Sizilien, St. Lorenzo. $19^{7}/_{5}03$.

Lasius niger III.

Warm, sonnig, etwas windig.

	Übriggeblieben										
$19^{9}/_{5}03$	8,51 Vm.	8,52	8,53	8,54	8,55	8,56	8,57	8,58	8,59	9,0	9,1
Allium neapolitanum: Samen	10	10	10	10	10	10	10	9	8	8	8
» *triquetrum:* Samen mit Elaiosom	10	8	6	5	3	1	1	1	0	0	0
» Samen mit entferntem Elaiosom	10	10	8	8	7	6	5	3	2	1	0
Calendula officinalis: Larvenfrüchte	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

	Übriggeblieben						
$19^{9}/_{5}03$	9,35 Vm.	10,12	10,49	12,11	2,30	3,19	6,45
	8	7	7	6	6	5	5
	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0
	10	10	10	9	9	9	9

Chionodoxa Luciliae.

Nur zweimal habe ich Gelegenheit gehabt, *Chionodoxa* bis zu ihrer schnell vorsichgehenden Samenverbreitung zu verfolgen. Auf der Parzelle im H. B. U. habe ich am $19^{13}/_{6}05$ 2 *Myrmica lævinodis* 2 Samen aus den damals sich öffnenden Kapseln nehmen sehen, welche nebst ihren Stengeln seit Eintritt der letzten Blüte in die Postfloration auf dem Boden gelegen hatten. Auch $19^{15}/_{6}06$ habe ich auf dieser Parzelle Ameisen miteinander verklebte Samen transportieren sehn.

Die Experimente zeigen einen hohen Grad von Myrmekochorie, vergleichbar mit der zum *Ajuga*-Typus gehörigen *Pulmonaria officinalis*.

Experimente.

Exp. 1. *Chionodoxa Luciliae*. H. B. U. $19^{13}/_{6}05$. *Pulmonaria officinalis*. Uppland, Almunge, Laubwiese. $19^{12}/_{6}05$.

Formica rufa III.

Warm, sonnig.

	Übriggeblieben										
$19^{15}/_{6}05$	12,14 Nm.	12,15	12,16	12,17	12,18	12,19	12,20	12,21	12,23	12,24	12,25
Chionodoxa Luciliae: Samen mit Elaiosom	10	10	4	2	0	0	0	0	0	0	0
» » : Elaiosome	10	5	3	1	0	0	0	0	0	0	0
Pulmonaria officinalis: Teilfrüchte mit ausgebildetem Elaiosom	10	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Pulmonaria officinalis: Teilfrüchte mit fehlgeschlagenem Elaiosom	10	10	10	10	10	10	9	7	7	5	5

	Übriggeblieben								
$19^{15}/_{6}05$	12,26 Nm.	12,27	12,28	12,33	12,34	12,40	12,41	12,42	12,43
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	4	3	3	2	2	1	1	0

Exp. 2. *Chionodoxa Luciliae.* H. B. U. $19^{13}/_{6}05$. *Gagea minima.* H. B. U. $19^{10}/_{6}05$. *Ranunculus auricomus.* Uppl., Almunge, Wiese $19^{15}/_{6}05$.
Formica rufa III.
Warm, sonnig.

	Übriggeblieben										
$19^{15}/_{6}05$	2,3 Nm	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,11	2,12	2,17	2,18	2,19	2,20
Chionodoxa Luciliae: Samen mit Elaiosom	10	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
» » : Samen mit entferntem Elaiosom	10	8	8	7	7	7	7	4	4	3	3	3
Gagea minima: Samen	10	10	10	7	7	7	6	6	6	6	5	5
Ranunculus auricomus: Früchte	10	10	10	10	9	9	7	7	7	7	6	6

	Übriggeblieben					
$19^{15}/_{6}05$	2,21 Nm.	2,31	2,34	2,41	4,46	6,11
	0	0	0	0	0	0
	1	1	1	1	1	0
	5	5	4	4	1	0
	6	6	6	6	3	3

Exp. 3. *Chionodoxa Luciliae* H. B. U. $19^{13}/_{6}05$. *Pulmonaria officinalis* Almunge, Laubwiese $19^{12}/_{6}05$.
Formica exsecta II.
Sonnig, ziemlich warm, Boden feucht nach Regen.

	Übriggeblieben											
$19^{18}/_{6}05$	11,33 Vm	11,34	11,35	11,36	11,37	11,38	11,39	11,40	11,41	11,42	11,45	11,46
Chionodoxa Luciliae: Samen	10	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pulmonaria officinalis: Teilfrüchte mit ausgebildetem Elaiosom	10	9	9	7	4	3	2	2	2	1[1])	1	1
Pulmonaria officinalis: Teilfrüchte mit fehlgeschlagenem Elaiosom	10	10	10	10	10	9	7	7	6	6	5	5

	Übriggeblieben					
$19^{18}/_{6}05$	11,47 Vm.	11,48	12,8	12,22	12,37	12,48
	0	0	0	0	0	0
	1	1	1	0	0	0
	4	3	3	2	1	0

Gagea lutea.

Da ich der in sehr kurzer Zeit vollendeten Samenverbreitung dieser Pflanze nur wenig Aufmerksamkeit gewidmet habe, verfüge ich nur über 2 direkte Beobachtungen: Uppsala, Alter Botanischer Garten, $19\,^{3}/_{6}\,00$, *Lasius niger* mit 1 Samen, und H. B. U., $19\,^{11}/_{6}\,00$, dieselbe Art mit 1 Samen.

Die Experimente mit wegpräpariertem Elaiosom sind wenig beweisend für den Effekt derselben, da ölhaltige Zellen auf den Wundflächen liegen.

Experimente.

Exp. 1 (SERN., Spridningsbiologi 268). *Gagea lutea.* Uppsala, Juni 1900. *Formica rufa* IV.

Sonnig, sehr warm.

	Übriggeblieben		
$19^{4}/_{6}00$	5,0 Nm.	5,10	5,20
Gagea lutea: Samen . .	10	3	0

Um 5,20 Uhr wurde auf der Ameisenstrasse eine Ameise mit einem Samen in einem absoluten Abstande von 9 Metern gesehen, welcher Abstand sich verdoppelt, wenn die Krümmungen mitgerechnet werden.

Exp. 2 (SERN., Spridningsbiologi 268). *Gagea lutea.* Uppsala, Juni. *Formica rufibarbis* I.

Warm und sonnig.

	Übriggeblieben									
$19^{4}/_{6}00$	2,0 Nm.	2,5	2,10	2,15	2,20	2,25	2,30	2,35	2,40	2,45
Gagea lutea: Samen . .	10	5	3	3	3	2	2	1	1	0

[1] Das Elaiosom verkümmert.

Zwischen 2,15 und 2,20 begann der Weg von den Ameisen verlassen zu werden, und nur vereinzelte Ameisen frequentierten ihn.

Exp. 3 (SERN., Spridningsbiologi 267). *Ficaria ranunculoides* und *Gagea lutea*. Uppsala, Alter botanischer Garten. $19^{10}/_{6}00$.

Myrmica laevinodis I.

Halbklar.

	Übriggeblieben						
$19^{10}/_{6}00$	11,40 Vm.	11,45	11,50	11,55	12,0	12,30	12,35
Ficaria ranunculoides: Früchte	10	10	10	10	10	10	10
Gagea lutea: Samen	10	3	2	2	1	1	0

Exp. 4 (SERN., Spridningsbiologi 269). *Gagea lutea*. H. B. U. $19^{10}/_{6}00$.

Formica rufa II.

Warm, sonnig.

	Übriggeblieben			
$19^{18}/_{6}00$	4,18 Nm.	4,20	4,22	4,24
Gagea lutea: Samen mit Elaiosom	10	0	0	0
» » Samen mit entferntem Elaiosom .	10	4	2	0
» » Elaiosome	10	1	0	0

Um 4,28 Uhr wurde eine Ameise mit einem Samen 5 m vom Depot entfernt angetroffen.

Exp. 5 (SERN., Spridningsbiologi 269). *Gagea lutea*. H. B. U. $19^{10}/_{6}00$.

Formica exsecta I.

Warm, sonnig.

	Übriggeblieben							
$19^{12}/_{6}00$	4,55 Nm	5,0	5,5	5,10	5,15	5,20	5,25	8,0
Gagea lutea: Samen mit Elaiosom	10	6	4	0	0	0	0	0
» » Samen mit entferntem Elaiosom	10	6	3	3	2	2	1	1

Gagea minima.

Aus der noch kürzeren Samenverbreitungszeit dieser Pflanze habe ich auch zwei Beobachtungen:

H. B. U., $19^{1}/_{6}00$, *Formica fusca* mit 1 Samen und Uppland, Danmark, Nontuna, Laubwiese, $19^{24}/_{5}01$, eine *Formica rufa-pratensis* mit 2 Samen.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 2 unter *Chionodoxa Luciliae.*

Hyacinthus orientalis.

Wegen der Schwierigkeit, voll ausgebildete, frische Samen in für Experimente hinreichender Anzahl zu erhalten, habe ich nur zwei grössere Experimente anstellen können. Das eine Mal war es im H. B. U. in dem warmen Sommer 1901, das andere Mal im H. B. Monsp., wo, wie wahrscheinlich überall im Süden, die Hyacinthe normalerweise jedes Jahr Samen ausbildet. In beiden Fällen hatte ich es mit einer Form zu tun, die wahrscheinlich der wilden Stammform unserer veredelten Hyacinthen sehr nahe steht, mit ziemlich grazilem Stengel, nicht gedrängter Infloreszenz und dunkel lilafarbigem Perigon.

Der Stengel verliert während der Postfloration mehr und mehr seine Turgeszenz, und aus den auf dem Boden liegenden Kapseln, die sich eben geöffnet hatten, um dann schnell zu vertrocknen, nahm ich die Samen zu den Experimenten. Diese Samen sind gross und klumpig und zeichnen sich durch ein mächtiges, wenn auch nicht gerade stark ölführendes Elaiosom aus, und es geschieht mehr wegen dieses letzteren und des eben angedeuteten Postflorationsverlaufes als auf Grund der wenigen Experimente, dass ich die Art als sichere Myrmekochore aufführe. Doch muss dem entschiedenen Vortritt bezüglich der Myrmekochorie vor *Stellaria Holostea* in Exp. 1 auch eine Bedeutung beigemessen werden.

Experimente.

Exp. 1. *Hyacinthus orientalis, Stellaria Holostea* und *Viola suavis.* H. B. U. $19^1/_7 01$.

Formica rufa-pratensis I.

Abwechselnd bewölkt und sonnig, ein paar Regentropfen.

	Übriggeblieben								
$19^1/_7 01$	1,52 Nm.	1,53	1,54	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59	2,0	2,1
Hyacinthus orientalis: Samen	10	10	10	10	9	8	8	8	7	7
Stellaria Holostea: Samen	10	9	9	9	9	8	7	7	6	6
Viola suavis: Samen	10	10	7	2	1	0	0	0	0	0

	Übriggeblieben								
$19^1/_7 01$	2,2 Nm.	2,3	2,5	2,7	2,12	2,33	2,55	3,15	7,7
	6	5	3	1	0	0	0	0	0
	6	6	6	6	6	5	2	2	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Exp. 2. *Galanthus nivalis.* H. B. Monsp. $19^{27}/_{5}02$. *Hyacinthus orientalis.* H. B. Monsp. $19^{30}/_{5}02$.
Aphaenogaster barbara II.
Warm, sonnig.

	Übriggeblieben										
$19^{31}/_{5}02$	10,40 Vm.	10,43	10,55	10,58	11,3	11,4	11,7	11,8	11,9	11,10	11,18
Galanthus nivalis: Samen mit Elaiosom	10	10	8	7	6	6	6	5	5	5	4
» » Samen mit entferntem Elaiosom	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9
Hyacinthus orientalis: Samen	10	9	8	8	8	7	6	6	6	5	5

	Übriggeblieben									
$19^{31}/_{5}02$	11,20 Vm.	11,23	11,28	11,30	11,36	11,39	11,46	11,50	2,52	2,54
	4	3	3	3	2	2	1	0	0	0
	8	8	7	5	4	3	3	3	1	0
	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0

Lachenalia pendula.

Die miteinander übereinstimmenden Samen von *L. pendula* und *L. tricolor* zeigen eine starke Myrmekochorie, gleichwertig mit denjenigen willkürlich ausgewählter Repräsentanten für den *Euphorbia-*, *Ajuga-* und *Galactites*-Typus oder sie gar übertreffend. Interessant ist, dass, wie Exp. 1 und 2 unter *L. tricolor* zeigen, Elaiosome an 1 Jahr alten Samen nicht ganz ihre Eigenschaft, Ameisen anzulocken, verloren haben.

Experimente.

Exp. 1. *Lachenalia pendula* und *Mercurialis annua.* H. B. Pan. $19^{18}/_{4}03$.
Lasius niger III.
Windig, kühl, abwechselnd Sonnenschein und Wolken.

	Übriggeblieben								
$19^{18}/_{4}03$	3,18 Nm.	3,20	3,21	3,22	3,23	3,24	3,25	3,26	3,27
Lachenalia pendula: Samen	10	10	9	8	6	3	3	3	2
Mercurialis annua: Unpräparierte Samen	10	9	8	8	8	8	8	7	7
» » Samen mit entfernter Caruncula	10	9	9	9	9	7	7	7	7
» » Samen mit entfernter Caruncula und Epidermis	10	10	10	10	10	10	8	8	8

	Übriggeblieben																
$19^{18}/_{4}03$	3,28 Nm.	3,29	3,30	3,32	3,34	3,36	3,38	3,39	3,40	3,42	3,47	3,50	3,59	4,16	4,40	4,45	5,54	6,21
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	6	6	5	5	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	7	7	7	7	6	6	6	6	5	5	5	4	3	2	1	1	0	

Exp. 2. *Calendula officinalis.* Sizilien, Monte Pellegrino, La Favorita, Maquis. $19^{15}/_{4}03$. *Glechoma hederacea* und *Lachenalia pendula* H. B. Pan. $19^{18}/_{4}03$.
Lasius niger III.
Windig, kühl, abwechselnd Sonnenschein und Wolken.

	Übriggeblieben																$19^{19}/_{4}03$	
$19^{18}/_{4}03$	4,44 Nm.	4,46	4,47	4,48	4,49	4,50	4,55	4,56	5,0	5,1	5,10	5,11	5,16	5,18	5,54	6,35		10,45 Vm.
Calendula officinalis: Larvenfrüchte	10	10	10	10	10	9	9	9	9	8	8	7	6	6	0	0		0
Glechoma hederacea: Teilfrüchte	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9[1])	9	9	9	9	9	9		9
Lachenalia pendula: Samen	10	9	5	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0

Lachenalia tricolor.

Experimente.

Exp. 1. *Ajuga orientalis.* H. B. Pan. $19^{9}/_{5}03$. *Lachenalia tricolor.* H. B. Pan. a) $19^{9}/_{5}03$; b) von der vorjährigen Ernte.
Lasius niger III.
Warm, sonnig, etwas windig.

	Übriggeblieben											
$19^{9}/_{5}03$	3,19 Nm.	3,20	3,21	3,22	3,23	3,24	3,25	3,26	3,27	3,28	3,30	3,31
Ajuga orientalis: Teilfrüchte	10	9	7	7	7	7	7	6	6	5	5	4
Lachenalia tricolor a): Samen	10	9	8	6	4	3	3	3	3	3	3	3
» » b): Samen	10	10	10	9	9	9	8	8	8	7	7	7

	Übriggeblieben											
$19^{9}/_{5}03$	3,32 Nm.	3,40	3,41	3,44	3,45	3,51	4,14	4,30	4,33	4,35	5,10	6,45
3	2	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	
3	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	7	6	6	6	6	4	3	2	2	1	1	

[1] Wurde von einer Ameise ca. 10 cm und dann nach einer Weile weitere ca. 10 cm vom Depot weggeschleppt; c. 15 cm betrug der erreichte Abstand vom Depot.

Exp. 2. *Lachenalia tricolor.* H. B. Pan. a) $19^{7}/_{5}03$; b) von der vorjährigen Ernte. *Reseda alba.* Palermo. $19^{9}/_{5}03$.
Lasius niger III.
Warm, sonnig, etwas windig.

	Übriggeblieben									
$19^{9}/_{5}03$	4,16 Nm.	4,17	4,18	4,19	4,20	4,21	4,22	4,23	4,24	4,25
Lachenalia tricolor a): Samen	10	7	5	4	4	3	2	2	2	2
» » b): Samen	10	9	6	6	6	4	4	3	2	1
Reseda alba: Samen	10	10	10	9	9	9	8	8	8	8

	Übriggeblieben							
$19^{9}/_{5}03$	4,26 Nm.	4,27	4,29	4,30	5,10	5,32	5,34	6,45
	1	1	1	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0	0
	8	8	8	8	8	6	5	5

Exp. 3. *Galactites tomentosa* und *Melilotus sulcata.* La Favorita. $19^{12}/_{5}03$.
Lachenalia tricolor. H. B. Pan. $19^{9}/_{5}03$.
Lasius niger III.
Abwechselnd bewölkt und sonnig, ziemlich warm, etwas windig.

	Übriggeblieben										
$19^{13}/_{5}$ 03	9,4 Vm.	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9	9,11	9,12	9,34	9,35	2,21
Galactites tomentosa: Früchte	10	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Lachenalia tricolor: Samen	10	7	4	4	2	2	2	1	1	0	0
Melilotus sulcata: Früchte	10	10	9	8	5	4	4	4	4	4	4

Scilla amoena.

Bei *Scilla amoena, bifolia* und *sibirica* habe ich die zuvor verschiedene Male angedeuteten, für die myrmekochoren Liliaceen so characteristischen postfloralen Erscheinungen konstatieren können. Die Myrmekochorie, auf die überdies noch das Vorhandensein ölführender Anhänge an den Samen deutet, habe ich durch Experimente nur bei *Sc. sibirica* zu konstatieren Gelegenheit gehabt; dazu kommen ein paar Experimente mit Samen von *Sc. amoena*, die auch nicht ihrer myrmekochoren Natur direkt widersprechen.

Experimente.

Exp. 1. *Nonnea lutea.* H. B. Bonn. $19^{21}/_{6}02$. *Scilla amoena.* H. B. Lund. $19^{23}/_{6}02$.

Formica exsecta I.

Warm, sonnig.

	Übriggeblieben										
$19^{26}/_{6}02$	12,17 Nm.	12,18	12,20	12,21	12,23	12,24	12,25	12,27	12,30	12,35	12,39
Nonnea lutea: Teilfrüchte mit Elaiosom	10	9	9	7	7	6	6	5	4	4	3
» » » entferntem Elaiosom	10	10	10	9	9	9	9	9	8	8	8
Scilla amoena: Samen	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

	Übriggeblieben											
$19^{26}/_{6}02$	12,42 Nm.	12,48	12,49	1,7	1,15	1,44	2,0	2,27	2,32	2,47	3,28	4,52	10,0
	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	8	7	7	6	3	1	1	1	0	0	0	0
	10	10	10	10	10	9	8	5	4	4	4	2	2

Exp. 2. Exp. 2 unter *Ornithogalum Kotschyanum.*

Scilla sibirica.

Experimente.

Exp. 1 (SERN., Spridningsbiologi 280). *Scilla sibirica.* Samen, eingesammelt im H. B. U. $19^{11}/_{6}00$, in ihren Kapseln nachgereift.

Formica exsecta I.

Sonnig, ziemlich warm.

	Übriggeblieben				
$19^{28}/_{6}00$	12,40 Nm.	12,42	12,44	12,46	12,47
Scilla sibirica: Samen	10	6	2	1	0

Exp. 2. Exp. 8 unter *Luzula pilosa.*

Exp. 3. *Carex digitata.* Lerbäck, Hålängen. $19^{26}/_{6}03$. *Scilla sibirica* H. B. Amsterdam. $19^{17}/_{6}03$.

Formica exsecta I.

Ziemlich warm, sonnig.

	Übriggeblieben										
19 27/6 03	4,37 Nm.	4,39	4,40	4,41	4,42	4,43	4,44	4,45	4,48	4,49	4,54
Carex digitata: Verbreitungseinheiten mit Elaiosom . .	10	10	10	10	10	9	9	9	9	8	8
» » Verbreitungseinheiten mit weggeschnittenem Elaiosom	10	10	9	9	9	9	9	8	8	8	8
Scilla sibirica: Samen	10	10	10	9	9	9	9	8	8	8	8

	Übriggeblieben																	
19 27/6 03	4,55 Nm.	4,56	5,11	5,12	5,16	5,22	5,43	5,58	6,9	6,33	6,54	7,9	7,25	7,48	7,58	8,39	28/6 03	8,10 Vm.
	7	6	6	6	6	5	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0		0
	7	7	7	6	6	6	5	5	4	3	3	2	2	1	1	1		0
	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	6	3	3	2	2	1		0

Amaryllidaceae.

Galanthus nivalis.

Die Experimente, die eine deutliche Myrmekochorie zeigen, sind mit Samen angestellt worden, die Kapseln entnommen sind, welche, wenn sie aufzuspringen beginnen, lose auf dem Boden liegen mit einem zusammengetrockneten Fragment des Stengels, der während der Postfloration absterbend ausgestreckt auf dem Boden liegt. Exp. 2 ist ein Versuch mit einer eigentlich nicht samensammelnden Ameisenart, von der es sich jedoch zeigte, dass sie nach Verlauf von 5 Stunden ein paar Samen von einem für sie ausgelegten Depot entfernt hatten.

Experimente.

Exp. 1. *Ajuga Chamaepitys.* Montpellier, Steinmauer. 19 27/5 02. *Corydalis capnoides* und *Galanthus nivalis.* H. B. Monsp. 19 27/5 02.

Lasius niger II.

Sehr warm, sonnig, schwach windig.

	Übriggeblieben						
19 27/5 02	2,39 Nm.	3,19	6,45	6,46	6,51	7,2	7,14
Ajuga Chamaepitys: Teilfrüchte . . .	10	8	0	0	0	0	0
Corydalis capnoides: Samen	10	10	3	2	1 [1])	1	0
Galanthus nivalis: Samen	10	10	0	0	0	0	0

Exp. 2. *Galanthus nivalis.* H. B. Monsp. 19 27/5 02.

[1] Wurde von *Formica fusca* genommen.

Camponotus cruentatus I.
Abwechselnd bewölkt und Sonnenschein, ziemlich warm.

	Übriggeblieben		
$19\,^{28}/_{5}\,03$	11,28 Vm.	11,43	4,33
Galanthus nivalis: Unpräparierte Samen	10	10	9
» Samen mit entferntem Elaiosom . .	10	10	8

Exp. 3. *Galanthus nivalis.* H. B. Monsp. $19\,^{27}/_{5}\,02$. *Mercurialis perennis.* M. Ventoux, La Clémentine, Eichenwald. $19\,^{20}/_{5}\,02$. *Reseda Phyteuma.* Montpellier, Wegrand. $19\,^{27}/_{5}\,02$.

Aphœnogaster structor I.
Abwechselnd bewölkt und Sonnenschein, ziemlich warm.

	Übriggeblieben								
$19\,^{28}/_{5}\,02$	1,57 Nm.	1,58	1,59	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
Galanthus nivalis: Samen	10	10	10	8	7	7	4	3	1
Mercurialis perennis: Unpräparierte Samen	10	9	8	5	4	3	3	3	1
» » Samen mit entfernter Caruncula und Epidermis	10	10	10	10	9[1])	9	9	9	9
Reseda Phyteuma: Samen	10	10	8	0	0	0	0	0	0

	Übriggeblieben					
$19\,^{27}/_{5}\,02$	2,7	2,8	2,9	2,20	4,10	4,51
	1	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0
	9	9	8[2])	8	7	6
	0	0	0	0	0	0

Exp. 4. Exp. 2 unter *Hyacinthus orientalis.*

Iridaceae.

Iris ruthenica.

Seit mehreren Jahren habe ich in verschiedenen botanischen Gärten meine Aufmerksamkeit auf die Gattung *Iris* gerichtet, um festzustellen, ob nicht eine der Arten dieser grosssamigen Gattung sich für myrmekochore Verbreitung ausgebildet haben sollte. Besonders richtete ich meine Untersuchungen auf die kurzstengeligen

[1] Fragmente der Epidermis noch zurückgeblieben.
[2] Wurde nur eine sehr kurze Strecke transportiert.

Formen, für deren Samen die Wind- und Ballistenverbreitung von geringem Effekt sein muss. Erst am 14. Juli 1905 gelang dieses mir, als ich im H. B. U. gerade Gelegenheit hatte, *Iris ruthenica* während ihrer kurzdauernden Samenverbreitung, die mir bis dahin entgangen war, zu sehen. Den weitgeöffneten Kapseln des auf dem Boden ausgestreckten oder im Blattwerk erschlaffenden Stengels entnahm ich da die mit grossen, stattlichen Elaiosomen ausgerüsteten Samen, mit denen folgende Experimente ausgeführt wurden. Exp. 1 zeigt die spezielle Bedeutung des Elaiosoms, und die anderen Experimente beweisen, dass die ameisenanlockenden Eigenschaften dieser *Iris*-Samen sogar bedeutend grösser sind als die der entsprechenden myrmekochoren Verbreitungseinheiten von *Melica nutans* und *Trichera atrorubens*.

Experimente.

Exp. 1. *Carex pallescens*. Lenna, Laubwiese. $19^{14}/_{7}05$. *Iris ruthenica*. H. B. U. $19^{14}/_{7}05$.
Formica rufa III.
Kühl, sonnig, etwas windig.

	Übriggeblieben						
$19^{14}/_{7}05$	6,42 Nm.	6,43	6,44	6,45	6,46	6,47	6,48
Carex pallescens: Verbreitungseinheiten	10	10	10	10	9	9	9
Iris ruthenica: Unpräparierte Samen	10	9	7	6	5	2	1
» » Samen mit entfernten Elaiosomen und Samenschalen	10	10	10	10	9	9	9
» Elaiosome	10	9	7	5	5	0	0

	Übriggeblieben								
$19^{14}/_{7}05$	6,56 Nm.	6,57	7,3	7,4	7,5	7,6	7,18	8,5	9,28
	9	9	9	9	9	9	9	7	3
	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	9	9	8	8	7	7	4	2
	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Exp. 2. *Iris ruthenica*. H. B. U. $19^{14}/_{7}05$. *Melica nutans*. Lenna, Laubwiese. $19^{14-15}/_{7}05$.
Formica rufa III.
Warm, sonnig.

	Übriggeblieben								
$19^{15}/_{7}05$	9,54 Vm.	9,55	9,56	9.57	9,58	9,59	10,0	10,1	10,2
Iris ruthenica: Samen	10	5	4	4	3	2	1	1	1
Melica nutans: Myrmekochore Verbreitungseinheiten	10	9	9	8	5	5	5	4	4
» » » » mit entferntem Anhang	10	10	10	10	10	10	10	10	10
» » Anemochore Verbreitungseinheiten	10	10	10	10	10	10	10	10	10

	Übriggeblieben										
$19^{16}/_{7}$ 05	10,3 Vm.	10,9	10,14	10,33	10,41	10,49	10,55	11,48	11,55	12,24	12.30
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0
	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9
	10	10	9	9	9	9	9	8	8	6	6

Exp. 3. *Iris ruthenica* und *Trichera atrorubens*. H. B. U. $19^{14}/_{7}$ 04.
Formica rufa III.
Warm, sonnig.

	Übriggeblieben															
$19^{16}/_{7}$ 05	12,31 Nm.	12,32	12,33	12,34	12,35	12,36	12,37	12,38	12,39	12,40	12,53	12,54	12,58	12,59	1,1	1,5
Iris ruthenica: Früchte . . .	10	10	7	6	3	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Trichera atrorubens: Verbreitungseinheiten	10	9	9	9	9	8	8	6	5	5	5	4	3	2	1	0

Caryophyllaceae.

Arenaria muscosa.

Wegen ihres Anhanges vermutete schon KERNER Myrmekochorie der Samen. Die folgenden Experimente dürften diese Annahme völlig bestätigen. Sie machen es auch wahrscheinlich, dass es dem Ameisentransport zuzuschreiben sei, wenn die Pflanze im H. B. Gen. ($19^{27}/_{5}$ 03) auf Mauern weit von den Töpfen, in denen sie gezogen worden, vorkommt.

Experimente.

Exp. 1. *Arenaria muscosa* und *Primula acaulis*. H. B. Gen. $19^{27}/_{5}$ 03.
Lasius cfr. *niger* IV.
Bewölkt, kühl, der Boden vom Regen durchtränkt.

	Übriggeblieben								
$19^{27}/_{5}$ 03	3,40 Nm.	3,41	3,42	3,43	3,44	3,45	4,7	4,18	4,21
Arenaria muscosa: Unpräparierte Samen	10	9	7	5	3	0	0	0	0
Samen mit entferntem Anhang . .	10	10	10	10	10	10	10	9	8
Primula acaulis: Samen	10	8	5	1	0	0	0	0	0

	Übriggeblieben				
$19^{21}/_{5}$ 03	4,50 Nm.	5,2	5,20	5,54	7,2
	0	0	0	0	0
	8	7	7	6	6
	0	0	0	0	0

Exp. 2. *Arenaria muscosa* und *Polygonum capitatum*. H. B. Gen. $19^{27}/_{5}03$. *Lasius* cfr. *niger* IV.
Bewölkt, kühl, der Boden vom Regen durchtränkt.

	Übriggeblieben															
$19^{27}/_{5}03$	4,9 Nm.	4,10	4,11	4,12	4,13	4,14	4,15	4,16	4,17	4,19	4,20	4,21	4,25	4,50	6,20	7,2
Arenaria muscosa: Samen	10	9	9	7	4	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Polygonum capitatum: Früchte mit Perigon	10	10	10	10	9	6	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0
Polygonum capitatum: Früchte ohne Perigon	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8	6

Exp. 3. *Arenaria muscosa* und *Helleborus purpurascens* H. B. Gen. $19^{27}/_{5}03$. *Lasius* cfr. *niger* IV.
Bewölkt, kühl, der Boden vom Regen durchtränkt.

	Übriggeblieben											
$19^{27}/_{5}05$	4,52 Nm.	4,53	4,54	4,55	4,57	4,58	4,59	5,0	5,1	5,4	5,5	6,20
Arenaria muscosa: Unpräparierte Samen . .	10	10	8	5	5	4	3	2	1	1	0	0
» » Samen mit entferntem Anhang	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Helleborus purpurascens: Samen	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Arenaria trinervia.

Die Samen dieser Pflanze haben wie die der vorigen einen aus grossen, mit fettem Öl vollgepfropften Zellen gebildeten Anhang; daneben verläuft die Postfloration auf dieselbe für eine Menge myrmekochorer Pflanzen charakteristische Weise. Indessen kann ich sie bis auf weiteres nur mit Zögern als myrmekochor aufführen. Es ist mir trotz eifrigen Suchens in der Natur niemals gelungen, Ameisen Samen derselben aufnehmen zu sehen, und die Experimente mit *Lasius fuliginosus*, *Formica rufa* und *F. exsecta* sind, wie es scheint, in bezug auf Myrmekochorie negativ ausgefallen. Ohne Zweifel werden sich jedoch wohl bei fortgesetzten Untersuchungen innerhalb des ausgedehnten Verbreitungsgebiets dieser Art Ameisenarten finden lassen, auf welche die Samen einen Lockreiz ausüben.

Experimente.

Exp. 1 (Sern., Spridningsbiologi 255). *Arenaria trinervia*. Uppland, Flottsund. $19^{30}/_{8}00$.
Lasius fuliginosus I.
Ziemlich warm, halbbewölkt.

		Übriggeblieben	
	$19^{30}/_{8}00$	11,20 Vm.	11,55
Arenaria trinervia:	Unpräparierte Samen	10	10
	Samen mit entferntem Anhang	10	10

Exp. 2 (SERN., Spridningsbiologi 256). *Arenaria trinervia.* Uppland, Flottsund. $19^{30}/_{8}00$.

Formica rufa V.

Ziemlich warm, halbbewölkt.

		Übriggeblieben	
	$19^{30}/_{8}00$	12,15 Nm.	12,30
Arenaria trinervia:	Unpräparierte Samen	10	10
» »	Samen mit entferntem Anhang	10	10

Exp. 3. *Arenaria trinervia.* Nerike, Lerbäck, Hult, Felsplatte. $19^{20}/_{8}02$. *Trichera arvensis.* Klockarhyttan, Acker. $19^{21}/_{8}02$.

Formica exsecta I.

Ziemlich kühl, abwechselnd sonnig und bewölkt, ein Regenschauer.

	Übriggeblieben									
$19^{21}/_{8}02$	4,48 Nm.	5,1	5,30	5,39	5,42	5,54	6,8	6,10	6,11	6,12
Arenaria trinervia: Samen	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9
Trichera arvensis: Unpräparierte Verbreitungseinheiten	10	10	7	6	5	3	3	2	2	2
Trichera arvensis: Verbreitungseinheiten mit entferntem Elaiosom	10	10	10	10	10	10	9	9	8	7

Übriggeblieben						
6,16 Nm.	6,22	6,24	6,28	6,41	6,55	8,0
9	9	9	9	7	7	7
1	1	1	0	0	0	0
7	6	5	5	3	2	2

Das Depot wenig besucht.

Resedaceae.

Reseda odorata.

Unter den Arten der Gattung *Reseda* gibt es einige, bei denen die Samen in den während der Postfloration und Samenverbreitung nach unten gerichteten, stark geöffneten Kapseln mit weissen Elaiosomen versehen sind, die ohne Grenze in die öl-

führenden Epidermiszellen der Samenschale übergehen. Nur wenn die Epidermis, die also, streng genommen, zum Elaiosom zu rechnen wäre, auch entfernt wird — wobei jedoch Öl, wie in Exp. 4, leicht dem übrigbleibenden Teil des Samens anhaften kann, in welchem Fall das Experiment misslingt — verlieren die Samen die ameisenanlockenden Eigenschaften, die, wie aus allen Experimenten hervorgeht, ziemlich stark sind.

Im H. B. Pan. habe ich in einem *Reseda odorata*-Bestande im Rasen *Aphaenogaster barbara* $19^{26}/_{4}03$ und *Lasius alienus* $19^{7}/_{5}03$ mit Samen davon gesehen.

Experimente.

Exp. 1. *Fedia cornucopiae.* La Favorita, Maquis. $19^{20}/_{4}03$. *Reseda odorata.* H. B. Pan. $19^{21}/_{4}03$.

Lasius niger III.

Kühl, bewölkt, etwas windig.

	Übriggeblieben											
$19^{22}/_{4}03$	10,43 Vm	10,46	10,48	10,49	10,50	10,51	10,52	10,53	10,54	10,55	10,56	10,58
Fedia cornucopiæ: Ameisenfrüchte	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	7
Reseda odorata: Samen	10	10	9	8	7	6	5	4	2	1	1	1

	Übriggeblieben								
$19^{22}/_{4}03$	10,59 Vm.	11,7	11,8	11,14	11,29	11,31	11,42	12,18	1,33
	7	6	5	4[1])	3	2	1	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Exp. 2. *Euphorbia peploides, Fumaria capreolata, Reseda odorata.* H. B. Pan. $19^{26}/_{4}03$.

Lasius niger III.

Bewölkt, kühl, windig.

	Übriggeblieben										
$19^{26}/_{4}03$	4,7 Nm.	4,8	4,9	4,10	4,11	4,12	4,13	4,14	4,15	4,16	4,21
Euphorbia peploides: Samen	10	10	10	10	10	10	10	10	9	8	7
Fumaria capreolata: Früchte	10	10	9	9	8	8	8	7	7	7	7
Reseda odorata: Samen	10	7	5	5	5	3	2	2	2	2	2

[1] Wurde von *Aphaenogaster testaceo-pilosa* genommen.

	Übriggeblieben													
$19^{26}/_{4}03$	4,23 Nm.	4,24	4,25	4,26	4,27	4,30	4,34	4,37	4,48	4,49	5,7	5,28	5,58	6,37
	6	6	6	6	6	6	6	5	4	3	3	2	1	1
	7	6	5	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Um 4,32, 4,36, 4,43 und 4,45 Nm. nahmen die Ameisen das Elaiosom von je einem *Euphorbia*-Samen. Diese wurden dann von mir durch vollständige, neue Samen ersetzt.

Exp. 3. *Parietaria lusitanica.* H. B. Messina. $19\,^{2}/_{5}\,03$. *Reseda odorata.* H. B. Pan. $19\,^{4}/_{5}\,03$.

Lasius niger III.

Warm, sonnig, schwach windig.

	Übriggeblieben								
$19\,^{4}/_{5}\,03$	4,44 Nm.	4,45	4,46	4,47	4,48	4,49	4,50	4,58	5,4	6,15
Parietaria lusitanica: Früchte mit Perigon . .	10	5	1	0	0	0	0	0	0	0
» » Früchte mit Perigon; das Elaiosom entfernt	10	10	9	8	7	7	6	5	4	4
Reseda odorata: Samen	10	7	4	1	1	1	0	0	0	0

Exp. 4. *Galium saccharatum* und *Reseda alba.* St. Lorenzo $19\,^{7}/_{5}\,03$. *Reseda odorata.* H. B. Pan. $19\,^{7}/_{5}\,03$.

Lasius niger.

Sonnig, warm, etwas windig.

	Übriggeblieben													
$19\,^{8}/_{5}\,03$	8,45 Vm.	8,46	8,47	8,48	8,49	8,50	8,51	8,52	8,55	9,11	9,15	9,23	9,41	11,46	2.53
Galium saccharatum: Teilfrüchte	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Reseda alba: Samen	10	10	10	10	10	10	10	10	9	6	5	3	2	2	0
Reseda odorata: Samen . . .	10	7	5	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Samen ohne Anhang und Epidermis . .	10	4	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Reseda Phyteuma.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 3 unter *Galanthus nivalis.*

Exp. 2. *Ajuga Chamaepitys* und *Reseda Phyteuma.* Montpellier, Wegrand. $19\,^{30}/_{5}\,02$. *Euphorbia Myrsinites* H. B. Monsp.; Kapseln, die nachgereift waren. Mai 1902.

Lasius niger II.

Windig, bewölkt, ziemlich heiss an beiden Tagen; etwas Regen in der Nacht.

	Übriggeblieben										
$19^{30}/_{5}02$	2,17 Nm.	2,18	2,19	2,20	2,26	2,29	2,34	2,43	2,57	3,27	3,28
Ajuga Chamaepitys: Teilfrüchte	10	10	9	9	9	9	9	9	8	8	8
Euphorbia Myrsinites: Samen mit Anhang	10	9	9	8	7	6	5	5	4	4	4
Euphorbia Myrsinites: Samen mit entferntem Anhang	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9
Reseda Phyteuma: Samen	10	10	9	8	7	7	7	5	6	5	4

	Übriggeblieben									
$19^{30}/_{5}02$	3,29 Nm.	3,37	3,39	3,41	4,0	4,49	5,47	$^{31}/_{5}02$	8,10 Vm.	1,26
	8	8	8	8	8	6	6		1	0
	4	4	4	4	4	4	4		1	0
	9	9	9	9	9	9	9		7	4
	3	3	2	1	1	0	0		0	0

Exp. 3. *Reseda luteola.* H. B. Monsp. $19^{5}/_{6}02$. *Reseda Phyteuma.* Montpellier, Wegrand. $19^{5}/_{6}02$.

Lasius niger II.

Warm, sonnig, windig.

	Übriggeblieben															
$19^{5}/_{6}02$	4,23 Nm	4,24	4,25	4,26	4,27	4,28	4,29	4,31	4,32	4,37	4,38	4,39	4,43	4,55	5,12	5,20
Reseda luteola: Samen	10	10	10	10	10	10	10	10	9	6	5	4	3	3	1	0
» *Phyteuma:* Samen	10	8	6	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Exp. 4. *Ajuga reptans.* Lattes $19^{4}/_{6}02$. *Geranium molle* und *Reseda Phyteuma.* Montpellier, Wegrand. $19^{5}/_{6}02$.

Lasius niger II.

Warm, sonnig an beiden Tagen.

	Übriggeblieben																		
$19^{5}/_{6}02$	4,58 Nm.	4,59	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,11	5,13	5,14	5,15	5,16	6,38	$^{6}/_{6}$	10,18 Vm.
Ajuga reptans: Teilfrüchte .	10	10	10	10	9	7	5	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0		0
Geranium molle: Samen . .	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9		3
Reseda Phyteuma: Samen . .	10	9	8	7	7	7	5	5	4	4	3	2	1	1	1	0	0		0

Exp. 5. *Caryolopha sempervirens* und *Reseda luteola*. H. B. Monsp. $19^{6}/_{6}02$. *Reseda Phyteuma* Montpellier, Wegrand. $19^{6}/_{6}02$.

Lasius niger II.

Warm, sonnig, windig an beiden Tagen.

	Übriggeblieben																
$19^{6}/_{6}02$	6,3 Nm.	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	6,10	6,14	6,24	6,25	6,33	6,40	6,48	7,3	$^{7}/_{6}$	9,4 Vm.
Caryolopha sempervirens: Teilfrüchte .	10	9	7	5	4	4	3	3	2	1	0	0	0	0	0		0
Reseda luteola: Samen	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	6	5	5		0
» *Phyteuma:* Samen	10	7	5	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0		0

Exp. 6. *Euphorbia serrata* und *Reseda Phyteuma*. Montpellier. $19^{8}/_{6}02$.

Lasius niger II.

Warm, sonnig, windig.

	Übriggeblieben								
$19^{9}/_{6}02$	9,16 Vm.	9,17	9,18	9,19	9,20	9,31	9,34	9,38	9,43
Euphorbia serrata: Samen mit Anhang	10	10	10	10	10	10	9	9	9
» » Samen mit entferntem Anhang	10	10	10	10	10	10	10	9	9
Reseda Phyteuma: Samen	10	9	6	4	3	2	2	2	1 [1])
» » Samen, Elaiosom und Epidermis entfernt	10	10	10	10	10	10	10	10	10

	Übriggeblieben													
$19^{9}/_{6}02$	10,36 Vm.	10,57	11,16	1,54	1,55	1,58	2,1	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,10	2,14	2,19
	9	9	9	4	4	4	2	2	1	1	1	0	0	0	0
	9	9	9	4	3	3	3	2	1	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	10	10	6	6	5	5	5	4	4	3	3	2	1	0

Exp. 7. *Reseda luteola*. H. B. Monsp. $19^{9}/_{6}02$. *Reseda Phyteuma*. Montpellier, Steinmauer. $19^{7}/_{6}02$.

Lasius niger II.

Bewölkt mit Regentropfen, ziemlich warm.

	Übriggeblieben												
$19^{10}/_{6}02$	10,14 Vm.	10,15	10,16	10,17	10,18	10,19	10,20	10,21	10,22	10,23	10,27	10,28	10,29
Reseda luteola: Samen	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
» *Phyteuma:* Samen . .	10	9	8	7	6	5	2	1	1	1	1	1	1
» » Samen, Epidermis und Elaiosom entfernt	10	9	9	9	8	8	8	8	7	6	6	5	4

[1] Wurde von *Formica fusca* genommen.

	Übriggeblieben								
$19^{10}/_{6}02$	10,31 Vm.	10,32	10,33	10,34	10,41	10,47	10,51	11,0	1,50
	10	10	10	10	10	9	8	7	0
	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	3	2	1	1	0	0	0	0	0

Papaveraceae.

Chelidonium majus.

Schon KERNER beobachtete, dass diese Pflanze im Wiener Botanischen Garten längs den Ameisenwegen hervorspross, und nahm an, dass es der Anhang an den Samen sei, der die Ameisen anlockte, was auch mein Exp. 1 bestätigt.

In meiner Spridningsbiologi (S. 240) habe ich *Myrmica laevinodis* mit *Chelidonium*-Samen (H. B. U. $18^{26}/_{8}98$) und aus einem Garten in Uppsala vor einer Eingangsöffnung zu einem *Lasius niger*-Bau einige Hundert solcher Samen als Auswurfsmaterial ($19^{22}/_{7}00$) angeführt.

Im H. B. U. habe ich später z. B. *Formica fusca* ($19^{10}/_{7}01$) lebhaft mit solchem Samentransport beschäftigt gesehen und in dem Auswurfsmaterial vor Eingangsöffnungen zu Bauen von *Formica fusca* ($19^{10}/_{7}01$), *F. rufibarbis* ($19^{10}/_{7}01$) und *Lasius niger* ($19^{12}/_{7}01$) zahlreiche derartige Samen beobachtet.

Im H. B. Monsp. holten Ameisen, beispielsweise *Tetramorium caespitum*, begierig die niedergefallenen Samen von einer *Chelidonium majus*-Parzelle (Mai 1902).

Experimente.

Exp. 1 (SERN., Spridningsbiologi 264). *Chelidonium majus* und *Helleborus foetidus*. H. B. U. $19^{5}/_{9}00$.

Formica rufa-pratensis I.

Windig, Sonnenschein.

	Übriggeblieben													
$19^{5}/_{9}00$	1,47 Nm.	1,49	1,50	1,52	1,53	1,55	1,58	1,59	2,0	2,2	2,3	2,10	2,35	2,55	3,37
Chelidonium majus: Unpräparierte Samen . .	10	6	4	4	4	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0
» » Samen mit entferntem Anhang	10	10	10	10	9	7	7	6	5	4	4	3	1	0	0
Helleborus foetidus: Unpräparierte Samen . .	10	7	5	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
» » Samen mit entferntem Anhang	10	8	6	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
» » Samenanhänge	10	10	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Exp. 2. *Chelidonium majus* und *Helleborus viridis*. H. B. U. $19^{6}/_{7}01$. *Formica rufa-pratensis* I.

	Übriggeblieben													
$19^{6}/_{7}01$	2,25 Nm.	2,29	2,30	2,31	2,33	2,35	2,36	2,37	2,39	2,41	2,42	2,43	2,53	3,10	7,18
Chelidonium majus: Samen	10	9	7	7	7	6	6	5	5	5	4	3	3	3	0
Helleborus viridis: Samen	10	9	8	7	5	5	4	4	2	1	1	1	0	0	0

Exp. 3. *Chelidonium majus* und *Medicago lupulina*. H. B. U. $19^{13}/_{7}01$. *Formica rufa-pratensis* I.
Drückend heiss, aber windig.

	Übriggeblieben							
$19^{13}/_{7}01$	1,48 Nm.	1,55	2,15	2,37	2,48	7,47	$^{15}/_{7}$	7,36 Nm.
Chelidonium majus: Samen . .	10	10	10	8	8	0		0
Medicago lupulina: Früchte . .	10	9	9	9	9	6		4

Fumariaceae.

Corydalis capnoides.

Die Samen derjenigen *Corydalis*-Arten, die mit Anhang versehen sind, besitzen, wie KERNER es vorhergesagt und meine Experimente (vgl. z. B. Exp. 1 unter *C. laxa*) zeigen, an diesem ein kräftiges Ameisenlockmittel. Von den Arten, die experimentell geprüft worden, hat *C. capnoides* den kleinsten Anhang und auch die am wenigsten ausgeprägte Myrmekochorie.

In der mittelschwedischen Flora verbreiten die wilden *Corydalis*-Arten schnell ihre Samen schon im Mai und Anfang Juni; und diese Samen sind die ersten, die während der Vegetationsperiode von den Ameisen aufgesucht werden. So lagen im H. B. U. vor den Eingangsöffnungen zu Bauen von *Lasius niger* und *Formica rufibarbis* auf der Gartenerde neben einem kleinen angepflanzten Bestand von *Corydalis fabacea* ($19^{1}/_{6}00$), die in der Samenverbreitung begriffen war, 10 Samen ohne Elaiosomen. Diese wurden entfernt, aber am 4. Juni lagen dort wieder 29 Samen, auch diese ohne Elaiosomen (SERN., Spridningsbiologi 240). In Nontuna, auf einer Laubwiese, Kirchspiel Danmark in Uppland, beobachtete ich am 24. Mai 1901 zwei *Formica fusca* mit je einem Samen von *Corydalis pumila*, die jetzt ihre ersten Früchte geöffnet hatte.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 1. unter *Galanthus nivalis.*

Exp. 2. *Ajuga Iva.* Montpellier, La Valette. 19 1/6 02. *Ajuga reptans.* Lattes 19 4/6 02. *Corydalis capnoides.* H. B. Monsp. 19 4/6 02. *Geranium molle.* Montpellier. 19 5/3 92.

Lasius niger II.

Warm, sonnig, windig.

	Übriggeblieben									
19 5/6 02	9,9 Vm.	9,10	9,11	9,12	9,13	9,17	9,18	9,19	9,20	9,24	9,29
Ajuga Iva: Teilfrüchte	10	8	8	8	7	7	4	3	3	2	2
» *reptans:* Teilfrüchte	10	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Corydalis capnoides: Samen	10	9	9	9	8	8	8	8	7	7	6
Geranium molle: Samen	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

	Übriggeblieben																			
19 5/6 02	9,30 Vm.	9,32	9,38	9,39	9,42	9,43	10,6	10,7	10,9	10,16	10,29	10,35	10,37	10,44	10,45	10,47	10,50	11,25	11,30	3,32
	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2	1	1	0
	10	9	8	7	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	4	4	4	3	3	0

Exp. 3. *Ajuga Chamaepitys.* Montpellier 19 5/6 02. *Corydalis capnoides.* H. B. Monsp. a) 19 5/6 02 um 3 Uhr Nm., b) 19 4/6 02 um 3 Uhr Nm.

Lasius niger II.

Warm, sonnig, windig.

	Übriggeblieben																				
19 5/6 02	3,34 Nm.	3,35	3,36	3,37	3,39	3,40	3,41	3,42	3,43	3,44	3,45	3,48	3,50	3,55	3,56	3,57	3,59	4,1	4,2	4,4	4,6	4,22
Ajuga Chamæpitys: Teilfrüchte	10	9	9	8	8	7	6	5	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corydalis capnoides a): Samen	10	10	9	7	7	7	7	6	5	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0
» » b): »	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	8	7	6	3	2	1	0	0

Corydalis fabacea.

Exp. 1 (SERN., Spridningsbiologi 265). *Corydalis fabacea.* H. B. U. 19 1/6 00.

Formica fusca I.

Sonnig, sehr heiss.

	Übriggeblieben					
19 4/6 00	1,15 Nm.	1,30	1,45	2,00	2,15	2,30
Corydalis fabacea: Unpräparierte Samen	10	1	0	0	0	0
» » : Samen mit entferntem Anhang	10	8	4	2	1	0
» » : Samenanhänge	10	0	0	0	0	0

Die Ameisen waren in ihren Bewegungen äussert lebhaft.

Exp. 2 (SERN., Spridningsbiologi 265). *Corydalis fabacea.* H. B. U. 19 4/6 00. *Formica rufa* IV.

Sonnig, sehr heiss.

	Übriggeblieben			
19 4/6 00	4,40 Nm.	4,50	4,55	5,0
Corydalis fabacea: Unpräparierte Samen	10	0	0	0
» » : Samen mit entferntem Anhang	10	5	1	0
» » : Samenanhänge	10	1	0	0

Corydalis laxa.

Exp. 1. *Anemone nemorosa.* Klockarhyttan. 19 15/6 01. *Corydalis laxa.* Skabbholmen 19 12/6 01. *Veronica hederaefolia.* Visby. K. JOHANSSON leg. Datum des Poststempels 19 6/6 01.

Formica exsecta I.

Klar, ziemlich warm, windig; schwacher Regen am Nachmittag; etwas Regen in der Nacht.

	Übriggeblieben									
19 15/6 01	11,46 Vm	11,47	11,48	11,49	11,50	11,51	11,52	11,55	11,58	12,0
Anemone nemorosa: Früchte	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9
Corydalis laxa: Unpräparierte Samen	10	6	2	0	0	0	0	0	0	0
» : Samen mit entferntem Anhang	10	10	10	10	9	9	9	8	6	6
Veronica hederaefolia: Samen	10	10	10	10	9	8	8	8	8	7

	Übriggeblieben																											
19 15/6 01	12,2 Nm.	12,4	12,5	12,7	12,10	12,13	12,20	12,21	12,25	12,30	12,35	12,40	1,0	1,15	1,30	1,35	2,10	2,25	3,20	5,30	6,50	8,55	16/6	8,45 Vm.		11,55		
	9	9	9	9	9	9	9	9	8	8	8	7	7	6	6	6	4	4	3	3	2	2		1		0		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0		0		
	5	5	5	5	4	4	4	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1		0		0		
	7	6	5	5	5	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0		0		0		

Corydalis nobilis.

Im H. B. U. habe ich während der Samenverbreitung, die Ende Juni beginnt und bis in den Juli hinein dauert, *Lasius niger* mit Samen dieser Pflanze am 5. Juli 1900 (Sern., Spridningsbiologi 240) und am 20. Juni 1901 beobachtet; in dem Auswurfsmaterial vor den Ameisenbauen fanden sich solche ebendort am 12. Juli 1901.

Experimente.

Exp. 1 (Sern., Spridningsbiologi 266). *Corydalis nobilis.* H. B. U. $19^{5}/_{7}00$. *Lasius niger* I.
Sonnig, ziemlich warm.

	Übriggeblieben								
$19^{5}/_{7}00$	1,0 Nm.	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	2,25	$^{6}/_{7}$	11,45 Vm.
Corydalis nobilis: Unpräparierte Samen	10	9	6	1	1	0	0		0
» » : Samen mit entferntem Anhang	10	10	10	9	9	9	9		4
» » : Samenanhänge	10	3	2	0	0	0	0		0

Exp. 2. *Carex praecox* Klockarhyttan $19^{17}/_{6}01$. *Corydalis nobilis* und *Stellaria Holostea.* H. B. U. $19^{22}/_{6}01$. *Ranunculus cassubicus.* Uppland, Alsike, Djupängen. $19^{21}/_{6}01$.
Formica rufa-pratensis I.
Sonnenschein und drückende Hitze.

	Übriggeblieben													
$19^{22}/_{6}01$	12,25 Nm.	12 26	12,27	12,28	12,29	12,30	12,32	12,33	12,34	12,35	12,36	12,37	12,40	12,41
Carex praecox: Verbreitungseinheiten . .	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	8	8
Corydalis nobilis: Samen	10	9	9	7	6	5	3	1	0	0	0	0	0	0
Ranunculus cassubicus: Früchte	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	8
Stellaria Holostea: Samen	10	10	10	8	8	7	6	6	4	4	3	3	3	3

	Übriggeblieben															
$19^{22}/_{6}01$	12,49 Nm.	12,50	12,56	1,5	1,8	1,23	1,24	1,30	1,55	2,3	2,11	2,18	2,25	2,27	2,52	7,0
	8	7	6	6	5	5	5	5	4	3	3	3	3	3	3	3
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	8	8	8	8	8	8	5	5	4	3	3	2	1	0	0
	3	3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Corydalis pumila.

Experimente.

Exp. 1. *Corydalis pumila* Uppland, Danmark, Nontuna. $19^{24}/_{5}01$.
Formica rufa VI.
Sonnig, warm.

	Übriggeblieben												
$19^{24}/_{5}01$	12,24 Nm.	12,25	12,26	12,27	12,28	12,29	12,30	12,31	12,33	12,34	12,35	12,37	12,38
Corydalis pumila: Unpräparierte Samen . . .	10	9	6	3	3	1	1	1	0	0	0	0	0
» » : Samen m. entferntem Anhang	10	10	10	9	7	6	5	2	2	2	1	1	0
» » : Samenanhänge	10	9	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Die Ameisen hinderten einander beim Forttragen des letzten unpräparierten Samens. Die Samen mit entferntem Anhang wurden von ihnen auf der Wundfläche betastet.

Violaceae.

Viola hirta.

Unter den *Viola*-Arten, deren Blüten einzeln an relativ kurzen Stengeln sitzen, gibt es einige mit solchen, die während der Postfloration von den grossen, schweren Kapseln zu Boden gezogen werden. Wenn diese sich öffnen, bleiben die Samen in den nur sehr unbedeutend auseinander stehenden kahnförmigen Klappen liegen, welch letztere der xerochastischen Struktur entbehren, durch die die Samen der anderen Arten explosiv herausgequetscht werden. Die Samen sind gross und mit einem hahnenkammförmigen weissen Anhang versehen, dessen reicher Inhalt an Öl von Ameisen sehr begehrt ist. Eine hierhergehörige Art, *V. odorata*, war es auch, an der die ersten Beobachtungen über die Ameisen als Samenverbreiter gemacht wurden.

Die Samen der Arten, über welche meine Beobachtungen sich erstrecken, sind einander sehr ähnlich. Betreffs des Grades der Anlockungskraft stehen sie ungefähr auf der gleichen Stufe wie die Früchte und Samen der myrmekochoren *Lamium*- und *Veronica*-Arten (man beachte jedoch die eigentümliche Anomalie in Exp. 3), und entschieden ist ihre Anziehungskraft stärker als die der Samen von *Hyacinthus orientalis*, *Ornithogalum Kotschyanum* und *Scilla amoena* sowie auch die der zum *Euphorbia*-Typus gehörenden *Viola*-Samen.

Direkter Transport von *Viola hirta*-Samen wurde zuerst von LAGERHEIM beobachtet (*Lasius fuliginosus*, Borgholm). Meine eigenen Beobachtungen sind:

In einem Haintälchen bei Säbyklint, Dalby, Uppland, wurden ($19^{22}/_{7}00$) zwischen 12,10 und 12,40 Nm. auf einer *Formica rufa*-Strasse 5 Ameisen mit je einem Samen von *V. hirta* beobachtet, welche Pflanze in der niedrigsten Feldschicht des Pflanzenvereines gemein war (SERN., Spridningsbiologie 245).

Auf einer *Formica rufa*-Strasse auf einer Moorwiese, neben einem Hain mit *Viola hirta*, wurden 2,25—2,55 Nm. 8 Ameisen mit Samen derselben beobachtet. Västergötland, Kinnekulle $19^{14}/_{7}$ 02.

Experimente.

Exp. 1 (SERN., Spridningsbiologi 285). *Viola hirta*, Nerike, Herrfallsängen, Juni 1900.

Formica exsecta I.

Kühl, halbklarer Himmel.

	Übriggeblieben													
$19^{26}/_{6}$ 00	10,50 Vm.	10,52	10,53	10,54	10,56	10,57	11,0	11,1	11,9	11,15	11,26	11,29	12,0	12,22
Viola hirta: Samen mit Elaiosom	10	4	3	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
» » Samen ohne Elaiosom	10	7	7	7	7	7	7	7	6	6	3	1	1	0
» Elaiosome	10	5	4	3	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0

Exp. 2. *Lamium maculatum* und *Viola hirta*. Frankreich, M. Ventoux. $19^{17}/_{5}$ 02.

Aphaenogaster barbara II.

Bewölkt, windig, ziemlich kühl.

	Übriggeblieben								
$19^{17}/_{5}$ 02	9,59 Vm.	10,0	10.1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7
Lamium maculatum: Teilfrüchte	10	10	9	8	6	5	3	2	0
Viola hirta: Samen	10	9	7	5	4	3	2	1	0

Exp. 3. *Lamium maculatum* und *Viola hirta*. Frankreich, M. Ventoux. $19^{17}/_{5}$ 02.

Cremastogaster scutellatus I.

Bewölkt, windig, ziemlich kühl.

	Übriggeblieben															
$19^{17}/_{5}$ 02	10,45 Vm.	10,48	10,49	10,50	10,51	10,52	10,54	10,56	10,57	11,5	11,40	3,47	4,19	$^{18}/_{5}$	10,2 Vm.
Lamium maculatum: Teilfrüchte	10	9	8	7	5	4	3	2	1	0	0	0	0		0
Viola hirta: Samen	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	4	3		1

Exp. 4. *Lamium maculatum* und *Viola hirta*. Frankreich, M. Ventoux. $19^{20}/_{5}$ 02.

Cremastogaster scutellatus I.

Sonnig, windig, kalt.

	Übriggeblieben														
$19^{20}/_{5}$ 02	10,24 Vm.	10,25	10,26	10,27	10,28	10,29	10,32	10,33	10,37	10,39	10,40	10,41	10,43	10,51	10,52
Lamium maculatum: Teilfrüchte	10	8	8	8	7	6	5	4	4	4	3	3	2	1	0
Viola hirta: Samen	10	9	8	6	6	6	6	5	4	3	1	0	0	0	0

Exp. 5. *Viola hirta* und *V. mirabilis* (kleistogame Blüten). Kinnekulle, Munkängen. $19^{22}/_{7}$ 02.

Formica exsecta I.

Windig, sonnig, ziemlich kühl, nach 1,20 Nm. Regengetröpfel.

	Übriggeblieben					
$19^{25}/_{7}$ 02	11,25 Vm.	11,26	11,27	11,28	11,30	11,32
Viola hirta: Samen	10	9	8	7	5	4
Viola mirabilis: Samen mit Elaiosom	10	10	10	10	10	10
Samen mit entferntem Elaiosom	10	10	10	10	10	10

	Übriggeblieben																
$19^{25}/_{7}$ 02	11,34 Vm.	11,35	11,36	11,37	11,39	11,42	11,49	11,58	12,0	12,2	12,8	12,39	12,41	12,54	1,14	1,24	2,7	2,38
	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	9	9	9	8	8	4	3	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0
	10	10	10	9	9	8	6	6	6	5	4	3	3	2	2	1	1	0

Viola odorata.

Wie in der Einleitung hervorgehoben, sind die Beobachtungen darüber, wie Ameisen die Samen dieser Art transportieren, von alters her bekannt durch Moggridge und Lubbock (*Lasius niger*). Lagerheim machte dieselben Beobachtungen bei Borgholm mit *Lasius fuliginosus.*

Im H. B. U. habe ich $19^{22}/_{7}$ 03 eine Ameise mit Samen von *V. odorata* (möglicherweise auch ausserdem oder ausschliesslich *V. hirta*) auf dem Rasen beobachtet.

Exp. 1 wurde angestellt, um zu sehen, ob auch die Epidermis der Samenschale ein Lockmittel enthalte, was nicht der Fall zu sein scheint.

Experimente.

Exp. 1. *Viola odorata* und *Veronica hederaefolia.* H. B. Pan. $19^{6}/_{5}$ 03.

Lasius niger III.

Halbbewölkt, ziemlich warm.

	Übriggeblieben						
19 $^{6}/_{5}$ 03	2,50 Nm.	2,51	2,52	2,53	2,54	2,55	2,56
Veronica hederaefolia: Samen	10	6	1	1	1	1	0
Viola odorata: Unpräparierte Samen	10	4	1	0	0	0	0
» » Samen mit entferntem Anhang	10	7	7	5	4	4	3
» » » » » » u. Samenschalenepidermis	10	7	4	4	4	4	4

	Übriggeblieben									
19 $^{6}/_{5}$ 03	2,59	3,0	3,1	3,2	3,7	3,8	3,10	3,14	3,15	3,16
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	3	2	2	2	2	1	1	1	0
	4	4	3	2	2	1	1	1	0	0

Exp. 2. *Veronica agrestis, persica* und *Viola odorata.* H. B. Pan. 19 $^{6}/_{5}$ 03. *Lasius niger* III.
Halbbewölkt, ziemlich warm.

	Übriggeblieben				
19 $^{6}/_{5}$ 03	4,27 Nm.	4,28	4,29	4,30	4,31
Veronica agrestis: Samen	10	2	1	0	0
» *persica:* Samen	10	5	3	0	0
Viola odorata: Unpräparierte Samen	10	1	0	0	0
» » Samen mit entferntem Anhang	10	8	6	2	0

Viola pubescens.

In dem H. B. U. habe ich 19 $^{16}/_{7}$ 00 eine *Formica fusca* mit einem Samen eingefangen (Sern., Spridningsbiologi 246).

Am 12. Juli 1901 sammelte ich vor Eingangsöffnungen zu Ameisenbauen ausgeworfene Samen in der Nähe von *Viola*-Parzellen. Vor einer Eingangsöffnung zu einem *Formica rufibarbis*-Bau sammelte ich 69 und vor einer zu einem *Lasius niger*-Bau u. a. 282 Samen ein. Ein Teil dieser Samen gehörte jedoch *Violasuavis* an.

Experimente.

Exp. 1 (Sern., Spridningsbiologi 287). *Viola pubescens.* H. B. U. 19 $^{16}/_{7}$ 00. *Lasius niger* I.
Sehr heiss, sonnig.

	Übriggeblieben																
$19^{16}/_{7}$ 00	1,5 Nm.	1,6	1,8	1,10	1,14	1,15	1,17	1,19	1,20	1,22	1,25	1,26	1,30	3,55	7,50	8,10	8,30
Viola pubescens: Unpräparierte Samen	10	7	4	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
» » Samen mit entferntem Anhang	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	8	8	7	6	6
» » Samenanhänge	10	10	8	8	6	5	4	3	2	2	1	0	0	0	0	0	0

Exp. 2. Exp. 2 unter *Ornithogalum Kotschyanum.*

Viola suavis.

Am 12. Juli 1901 wurde im H. B. U. ca. 15 m von einer *Viola suavis*-Parzelle eine Ameise eingefangen, die einen Samen der Pflanze trug.

In den unter *V. pubescens* erwähnten Auswurfsmaterialien sind wahrscheinlich Samen von *V. suavis* enthalten. Unter dem Auswurfsmaterial vor einem *Formica rufibarbis*-Bau ($19^{10}/_{7}$ 01) lag ein *V. suavis*-Samen.

Experimente.

Exp. 1 (SERN., Spridningsbiologi 270). *Galium Aparine*, *Lamium album* und *Viola suavis*. H. B. U. $19^{18}/_{7}$ 00.

Lasius niger I.

Ziemlich warm, sonnig.

	Übriggeblieben																		
$19^{18}/_{7}$ 00	2,40 Nm.	2,41	2,42	2,46	2,47	2,48	2,49	2,50	2,52	2,53	2,54	2,55	2,56	2,59	3,1	3,3	3,5	3,8	3,10	3,55
Galium Aparine: Teilfrüchte	10	10	10	10	10	10	9	9	8	7	7	7	6	5	4	4	3	2	1	1
Lamium album: Teilfrüchte .	10	10	9	9	8	8	8	8	6	5	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Viola suavis: Samen	10	9	9	8	7	5	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Exp. 2. *Anemone ranunculoides* und *Ranunculus auricomus*. Uppsala, Alter Botanischer Garten. $19^{23}/_{6}$ 01. *Carex pediformis* und *Viola suavis*. H. B. U. $19^{23}/_{6}$ 01. *Ranunculus cassubicus*. Uppland, Alsike, Djupängen. $19^{21}/_{6}$ 01.

Formica rufa-pratensis I.

Drückend heiss, Sonnenschein.

	Übriggeblieben										
$19^{23}/_{6}$ 01	12,34 Nm.	12,35	12,36	12,38	12,40	12,41	12,42	12,43	12,44	12,45	12,47
Anemone ranunculoides: Früchte . . .	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Carex pediformis: Verbreitungseinheiten	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9
Ranunculus auricomus: Früchte	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
cassubicus: Früchte	10	10	10	10	10	9	9	9	9	8	8
Viola suavis: Samen	10	10	9	8	7	7	6	5	4	3	3

$19^{23}/_{6}01$	Übriggeblieben													
	12,48 Nm.	12,50	12,53	12,57	12,58	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,11	1,13	1,15	1,16
	9	9	7	6	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4
	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	8	8	8
	10	10	10	10	10	10	9	8	6	5	3	3	3	3
	8	8	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	5	4
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

$19^{23}/_{6}01$	Übriggeblieben															
	1,17 Nm.	1,18	1,20	1,21	1,24	1,25	1,30	1,31	1,34	1,35	1,37	1,38	1,42	1,45	1.50	1,54
	4	4	3	3	3	3	3	2	1	1	1	0	0	0	0	0
	8	7	7	6	6	5	5	5	5	4	4	4	3	2	1	0
	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	4	4	4	4	4	4	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Exp. 3. Exp. 1 unter *Hyacinthus orientalis.*

Exp. 4. *Viola elatior* und *V. suavis.* H. B. U. $19^{12}/_{7}01$.
Formica rufa-pratensis I.

	$19^{12}/_{7}01$	Übriggeblieben													$^{19}/_{7}$	12,28 Nm.
		2,35 Nm.	2,38	2,40	2,42	2,43	2,52	2,57	3,3	3,7	3,11	3,20	3,25	7,6		
Viola elatior: Samen		10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9	1		0
» *suavis:* Samen		10	9	8	7	7	6	5	4	3	2	1	1	0		0

Die Strasse war von den Ameisen schwach frequentiert.

Primulaceae.

Primula acaulis.

Nachdem ich mehrere Jahre vergeblich versucht hatte, *Primula acaulis* in der Postfloration und Samenverbreitung zu sehen, gelang mir dies im Bot. Garten zu Genua am 25. Mai 1903. Die niederliegenden, im Blattwerk versteckten Kapselstiele zeigten, dass Anemochorie wie bei den nahe verwandten *P. officinalis* und *P. elatior* nicht statthaben konnte, und als ich mit einer gewissen Spannung eine Kapsel öffnete, um die Samen zu untersuchen, waren sie mit einem kleinen weissen Anhang versehen. Es lag hier also vermutlich Myrmekochorie vor, was auch direkte Beobachtungen und Experimente sogleich bestätigten.

Teils in den offenen Kapseln, teils in der Nähe der *Primula acaulis*-Bestände traf ich gleich darauf Ameisen (*Lasius niger*) an, die deren Samen schleppten.

Der Anhang besteht aus dem Samenstrang. Da aber auch der äusserste Teil der Samenschale schwach ölhaltig ist, wurde in den Experimenten mit Samen, deren Samenstränge ich entfernt hatte, auch dieser abgekratzt.

Exp. 6 mit *Primula acaulis* dem mit *Primula elatior* entgegen zeigt deutlich, dass die erstere mehr myrmekochore Samen hat als die letztere. Diese Myrmekochorie scheint hier stärker zu sein als bei den Verbreitungseinheiten von *Polygonum capitatum*, *Arenaria muscosa* und *Pulmonaria officinalis*, deren jede einen myrmekochoren Typus repräsentiert.

Experimente.

Exp. 1. *Polygonum capitatum* und *Primula acaulis*. H. B. Gen. $19^{26}/_{5}03$. *Lasius* cfr *niger* IV.
Warm, sonnig, windstill.

	Übriggeblieben																
$19^{26}/_{5}03$	2,30 Nm.	2,31	2,32	2,33	2,34	2,35	2,36	2,37	2,38	2,41	2,42	2,43	2,48	2,49	2,57	4,50	5,55
Polygonum capitatum: Früchte mit Perigon	10	9	7	5	3	3	3	3	3	2	1	0	0	0	0	0	0
Polygonum capitatum: Früchte ohne Perigon	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	8	8	8	8	8	8
Primula acaulis: Unpräparierte Samen	10	8	8	6	3	2	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0
Primula acaulis: Samen; Samenstrang und Samenschalenepidermis entfernt	10	10	10	9	6	5	2	2	2	2	2	2	2	1	1	0	0

Unter dem Mikroskop zeigte es sich, dass bei den präparierten Samen Reste der Samenschalenepidermis noch übrig waren. In dem folgenden Experiment wurde die Präparierung daher noch sorgfältiger bewerkstelligt.

Exp. 2. Wie bei Exp. 1.

	Übriggeblieben																				
$19^{26}/_{5}03$	4,23 Nm.	4,24	4,25	4,26	4,28	4,29	4,30	4,31	4,32	4,33	4,34	4,35	4,36	4,37	4,38	4,40	4,42	4,44	4,45	5,3	5,55
Polygonum capitatum: Früchte mit Perigon	10	10	10	9	9	9	8	7	5	5	5	5	4	4	4	3	2	1	0	0	0
Primula acaulis: Unpräparierte Samen	10	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Primula acaulis: Samen; Samenstrang und Samenschalenepidermis entfernt	10	10	10	10	10	9	9	8	8	7	5	5	5	4	3	3	3	3	2	2	0

Exp. 3. Exp. 1 unter *Arenaria muscosa*.

Exp. 4. *Primula acaulis* und *Pulmonaria officinalis*. H. B. Gen. $19^{27}/_{5}03$. *Lasius* cfr *niger* IV.
Bewölkt, kühl, schwacher Sprühregen.

	Übriggeblieben														
$19^{27}/_{5}03$	6,6 Nm.	6,7	6,8	6,9	6,10	6,11	6,12	6,13	6,14	6,15	6,16	6,21	6,44	7,1	7,2	7,10
Primula acaulis: Samen	10	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pulmonaria officinalis: Unpräparierte Teilfrüchte	10	9	8	7	5	4	3	3	2	2	0	0	0	0	0	0
Pulmonaria officinalis: Früchte mit entferntem Elaisom	10	10	10	10	9	8	8	8	7	7	7	7	2	2	1	1

Exp. 5. *Anthoxanthum odoratum.* Klockarhyttan, Grasflur. $19^{11}/_{7}03$. *Primula acaulis.* Klockarhyttan. $19^{11}/_{7}03$. Die Exemplare gezogen in Alnarp in Schonen, Ende Juni dort eingesammelt und bei Klockarhyttan angepflanzt.

Formica exsecta I.

Warm, sonnig, windig.

	Übriggeblieben												
$19^{11}/_{7}03$	4,38 Nm.	4,40	4,43	4,48	4,54	5,2	5,9	5,22	5,29	5,35	5,50	6,26	7,48
Anthoxanthum odoratum: Verbreitungseinheiten . .	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9
Primula acaulis: Samen	10	9	7	6	5	5	4	3	1	0	0	0	0

Exp. 6. *Primula acaulis* und *P. elatior.* H. B. U. $19^{22}/_{7}03$.

Formica rufa-pratensis I.

Sehr heiss, halbbewölkt, später Sonnenschein.

	Übriggeblieben																	
$19^{22}/_{7}03$	1,38 Nm.	1,39	1,40	1,44	1,45	1,46	1,47	1,48	1,50	1,51	1,52	1,58	2,0	2,1	2,12	2,19	2,31	3,8
Primula acaulis: Samen . .	10	9	8	8	7	6	5	5	4	3	2	2	1	1	1	1	0	0
elatior: Samen . .	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	8	8	7	7	7	7	0

Hydrophyllaceae.

Nemophila insignis.

Die *Nemophila*-Arten, die ich Gelegenheit hatte zu untersuchen, zeichnen sich dadurch aus, dass die vegetativ-floralen Achsensysteme aufsteigend sind, so dass die Spitzen mit Blüten im Knospenstadium und in der Anthese orthotrop sind, während die hinteren Teile mit Blüten in der Postfloration und Samenverbreitung plagiotrop sind und den Boden anliegen. Die Fruchtstiele sind recht lang und liegen mit den grossen kugelförmigen Kapseln ausgestreckt auf dem Boden. Da die Samen ausserdem mit einem weissen Anhang versehen sind, hatte ich Grund, Myrmekochorie zu vermuten, wie sie auch die Experimente mit *Nemophila insignis* z. B. den nicht myrmekochoren *Reseda alba*-Samen gegenüber bestätigen. Da wie bei *Reseda odorata*, mit welcher in vielen Punkten Ähnlichkeit vorliegt, das Elaiosom vage begrenzt ist,

stösst es auf Schwierigkeiten, ölige Partien vollständig zu vermeiden; daher die Anomalie der schnellen Entfernung präparierter Samen in den Experimenten.

Experimente.

Exp. 1. *Nemophila insignis.* Garten in Parlermo. $19^{11}/_{5}03$. *Reseda alba.* St. Lorenzo. $19^{7}/_{5}03$.

Lasius niger III.

Warm, sonnig, etwas windig.

	Übriggeblieben						
$19^{11}/_{5}03$	2,59 Nm.	3,0	3,1	3,10	4,32	6,11	6,34
Nemophila insignis: Unpräparierte Samen	10	0	0	0	0	0	0
» » : Samen mit entferntem Anhang	10	2	0	0	0	0	0
Reseda alba: Samen	10	10	10	10	6	5	5

Exp. 2. *Euphorbia Bivonae.* H. B. Pan. $19^{12}/_{5}03$. *Nemophila insignis.* Garten in Palermo. $19^{11}/_{5}03$.

Lasius niger III.

Halbbewölkt, warm, schwacher Wind.

	Übriggeblieben							
$19^{12}/_{5}03$	10,39 Vm.	10,40	10,41	10,42	10,43	10,44	10,45	10,46
Euphorbia Bivonæ: Unpräparierte Samen	10	5	3	3	2	0	0	0
» » : Samen mit entferntem Anhang	10	10	10	8	8	8	7	6
Nemophila insignis: Unpräparierte Samen	10	10	10	9	9	7	6	6
» » : Samen mit entferntem Anhang	10	9	8	8	7	7	7	7

	Übriggeblieben												
$19^{12}/_{5}03$	10,47 Vm.	10,48	10,49	10,50	10,51	10,52	10,53	10,56	10,57	11,4	12,1	12,4	2,3	6,45
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	6	5	4	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0
	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	5	5	3

Exp. 3. *Melica major.* Palermo, La Favorita. $19^{12}/_{5}03$. *Nemophila insignis.* Garten in Palermo. $19^{14}/_{5}03$.

Lasius niger III.

Bewölkt, ziemlich warm, windstill.

	Übriggeblieben								
$19^{14}/_{5}03$	8,16 Vm.	8,17	8,18	8,19	8,20	8,24	8,26	8,31	6,8
Melica major: Myrmekochore Verbreitungseinheiten .	10	8	6	3	0	0	0	0	0
» » Anemochore » . . .	10	9	8	7	7	6	5	4	4
Nemophila insignis: Samen	10	4	0	0	0	0	0	0	0

Scrophulariaceae.

Veronica agrestis.

Von den zur Untergruppe *Omphalospermae* gehörigen *Veronica*-Arten haben mehrere myrmekochore Samen. Ich habe im südlichen Europa Gelegenheit gehabt zu sehen, in wie grossartiger Ausdehnung die Ameisen sie transportieren, und habe auch mehr Experimente mit ihnen als mit Samen irgend einer anderen Gattung angestellt.

Im südlichen Frankreich kommen *V. agrestis* und *V. hederaefolia* äusserst gemein auf Äckern, Ruderalstellen, Mauern usw. vor. Sie sind ausgeprägte Winterannuellen mit sehr früher Blüte. Schon Ende März beginnt die Samenverbreitung, und von dieser Zeit an bis Ende Mai, wo die Individuen gänzlich verwelken, suchen die Ameisen unablässig die auf dem Boden liegenden Achsensysteme auf und bringen die Samen, sowie die Kapseln sich öffnen, weg (1902).

Auf einem Acker in der Nähe von Montpellier, an dessen Rand ich eine Menge Experimente mit *Lasius niger* II verlegt hatte, war *V. hederaefolia*, mit *V. agrestis* und *V. persica* gemischt, äusserst gemein. Vom 13. April bis zum 27. Mai, wo die letzten Kapseln entleert waren, beobachtete ich bei meinen zahlreichen Besuchen daselbst stets Ameisen mit Samen von *V. hederaefolia* und spärlicher von *V. agrestis*. Die Ameisenarten waren *Lasius niger* und *Aphaenogaster barbara*. Dadurch, dass sie während des Transports nach ihren resp. Bauen Massen von Samen verlieren und fallen lassen, verbreiten sie sie überall hin. Vor ihren Baueingängen wurden schon im April Massen herausgeworfener Samen, vor allem von *V. hederaefolia*, mit abgenagten Samensträngen wahrgenommen. So wurden $19\,^{25}/_{5}\,02$ vor einem *Lasius niger*-Baueingang 638 *V. hederaefolia*-Samen eingesammelt. — *V. persica* sah ich hier, und da einmal von *Lasius niger* forttragen.

Die ebenerwähnten Ameisenarten wurden auch an anderen Lokalen mit *V. agrestis*- und *V. hederaefolia*-Samen beobachtet. Unter anderen Trägern wurden *Aphaenogaster structor* und *Pheidole pellucida* bemerkt.

Im Botanischen Garten zu Palermo sah ich im April und Anfang Mai 1903 *Lasius niger* oft mit Samen von *V. agrestis* und *V. panormitana* und fand diese eben auch mit abgenagten Samensträngen in dem Auswurfsmaterial vor den *Lasius*-Baueingängen wieder. In den Umgebungen der Stadt auf Steinmauern, Weideland, Fusspfaden usw. sah ich mehrmals verschiedene Ameisenarten, meist *Aphaenogaster barbara*, Samen von *V. Cymbalaria* und *V. panormitana* tragen.

Von Beobachtungen, die darauf hindeuteten, dass *V. persica* von Ameisen begehrt sei, habe ich nur eine aus Italien. Vor Ameisenbaueingängen auf dem

Forum Romanum sah ich am 25. März 1903 unter dem Auswurfsmaterial *V. Cymbalaria-* und *V. persica*-Samen. Die beiden Arten wuchsen in der unmittelbaren Nachbarschaft. Von *V. persica* wurden 38 + Samen gezählt.

Die verhältnismässig zahlreichen Experimente dürften ganz bestimmt zeigen, dass die betreffenden *Veronica*-Samen auf *Formica rufa-pratensis* und *F. exsecta* (vgl. Exp. 3 unter *V. agrestis*, Exp. 1, 2 und 3 unter *V. hederaefolia* und Exp. 2 unter *V. panormitana;* über *F. rufa* sagt Exp. 1 unter *V. panormitana* zu wenig) eine geringe Anziehungskraft im Vergleich mit der auf *Lasius niger* üben (alle übrigen Experimente). *Lasius niger* und die nach allen Arten von Samen begierigen *Aphaenogaster barbara* sind es auch, die ich in der Natur am meisten als deren Transporteure gesehen habe.

Die kleinsamige *V. persica* zeigt einen so entschieden niedrigeren Grad von Myrmekochorie (vgl. Exp. 3 und 2 unter *V. agrestis* und Exp. 5 unter *V. Cymbalaria*) als *V. agrestis* und die grosssamigen *V. Cymbalaria*, *V. hederaefolia* und *V. panormitana*, dass ich sie gar nicht unter die Myrmekochoren mit aufgenommen habe. Exp. 1 mit *V. hederaefolia* gegen die kleinen Samen von *V. polita* weist wahrscheinlich der letzteren dieselbe Stellung zu.

Experimente.

Exp. 1 (SERN., Spridningsbiologi 283). *Veronica agrestis.* H. B. U. $19^{10}/_{7}00$. *Lasius niger* I.
Sonnig, ziemlich warm.

	Übriggeblieben				
$19^{10}/_{7}00$	1,55 Nm.	1,57	1,58	2,0	2,2
Veronica agrestis: Samen . . .	10	8	5	2	0

Exp. 2 (SERN., Spridningsbiologi 248). *Adonis vernalis* und *Veronica agrestis.* H. B. U. $19^{10}/_{7}00$.
Lasius niger I.
Sonnig, ziemlich warm.

	Übriggeblieben																		
$19^{10}/_{7}00$	2,40 Nm.	2,42	2,44	2,45	2,52	2,53	2,54	2,55	2,56	2,57	2,58	3,0	3,1	3,5	3,7	3,8	4,5	$^{11}/_{7}$	4,10 Nm.
Adonis vernalis: Früchte	10	10	10	10	10	10	9	9	8	6	4	4	3	2	1	0	0		0
Veronica agrestis: Samen .	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1		0

Die *Adonis*-Früchte wurden entweder von mehreren Ameisen zusammen transportiert oder, wenn sie von einer einzigen Ameise genommen wurden, erfolgte der Transport in der Weise, dass sie rückwärts gehend die Frucht mitschleppte. — Der letzte *Veronica*-Samen hatte einen verkümmerten Samenstrang.

Exp. 3 (SERN., Spridningsbiologi 249). *Adonis vernalis* und *Veronica agrestis*. H. B. U. $19^{10}/_{7}00$.

Formica rufa-pratensis I.

Warm und sonnig.

	Übriggeblieben											
$19^{10}/_{7}00$	3,20 Nm.	3,21	3,26	3,29	3,30	3,31	3,32	3,33	3,37	3,44	3,45	4,0
Adonis vernalis: Früchte	10	9	9	8	7	6	4	3	3	1	0	0
Veronica agrestis: Samen	10	10	10	10	10	9	9	9	8	6	6	6

Exp. 4. *Veronica agrestis* und *V. persica*. H. B. Pan. $19^{16}/_{4}03$. *V. Cymbalaria*. Ibidem. $19^{17}/_{4}03$.

Lasius niger III.

Bewölkt, ziemlich warm, etwas windig, gegen Mittag Sonne.

	Übriggeblieben																		
$19^{17}/_{4}03$	9,20 Vm.	9,21	9,22	9,23	9,24	9,25	9,26	9,27	9,28	9,29	9,31	9,32	9,33	9,34	9,35	11,20	12,24	2,55	3,49
Veronica agrestis: Samen .	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
» *Cymbalaria:* »	10	9	8	7	6	5	5	5	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
» *persica:* »	10	10	10	9	9	7	7	6	5	5	5	4	3	3	2	2	1	1	0

Exp. 5. Exp. 2 unter *Viola odorata*.

Veronica Cymbalaria.

Experimente.

Exp. 1. *Ficaria ranunculoides*. H. B. Monsp. $19^{17}/_{4}02$. *Veronica Cymbalaria*. Montpellier, Steinmauer. $19^{17}/_{4}02$.

Lasius niger II.

Sonne, halbklarer Himmel, ziemlich warm.

	Übriggeblieben																				
$19^{17}/_{4}02$	3,37 Nm.	3,38	3,39	3,40	3,41	3,42	3,43	3,44	3,45	3,46	3,47	3,53	3,58	4,7	4,9	4,16	4,17	4,18	4,24	4,49	5,5
Ficaria ranunculoides:																					
Früchte	10	10	10	10	10	9	8	8	8	8	8	7	6	6	5	4	3	2	2	1	0
Veronica Cymbalaria:																					
Samen	10	9	8	7	7	6	5	4	4	3	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0

Exp. 2. *Carex Linkii*. Frankreich, Dep. Hérault, St. Martin des Londres, Garigue. $19^{20}/_{4}02$. *Veronica Cymbalaria*. Montpellier, Steinmauer. $19^{21}/_{4}02$.

Lasius niger II.

Warm und sonnig.

	Übriggeblieben															
$19^{21}/_{1}02$	9,23 Vm.	9,24	9,25	9,26	9,27	9,28	9,32	9,33	9,35	9,36	9,38	9,45	9,51	9,55	10,2	10,35	1,14
Carex Linkii: Verbreitungseinheiten . . .	10	8	7	7	7	7	7	6	5	5	5	5	4	3	2	2	0
Veronica Cymbalaria: Samen	10	10	8	7	6	5	4	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0

Exp. 3. *Carex Halleriana.* Montpellier, La Valette, Garigue. $19^{1}/_{5}02$. *Veronica Cymbalaria.* Montpellier, Wegrand. $19^{1}/_{5}02$.

Lasius niger II.

Sonnenschein, Wind.

	Übriggeblieben								
$19^{2}/_{5}02$	9,55 Vm.	9,56	9,57	9,58	10,4	10,7	10,8	10,9	10,10
Carex Halleriana: Verbreitungseinheiten	10	10	10	10	10	10	9	8	8
Veronica Cymbalaria: Unpräparierte Samen	10	9	9	8	7	6	5	5	4
» » Samen mit entfernten Samensträngen	10	10	9	9	9	9	9	8	7

	Übriggeblieben														
$19^{2}/_{5}02$	10,11 Vm.	10,12	10,13	10,14	10,15	10,18	10,19	10,22	10,24	10,25	10,28	10,32	10,42	10,55	2,30
	7	7	6	6	6	5	4	4	3	2	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	7	6	5	4	4	4	3	3	3	3	2	1	1	0

Exp. 4. Exp. 4 unter *Veronica agrestis.*

Exp. 5. *Parietaria lusitanica.* Palermo. $19^{5}/_{5}03$. *Veronica Cymbalaria* und *V. persica.* H. B. Pan. $19^{6}/_{5}03$.

Lasius niger III.

Warm, sonnig, windstill.

	Übriggeblieben														
$19^{6}/_{5}03$	11,58 Vm.	11,59	12,0	12,2	12,3	12,5	12,6	12,7	12,8	12,15	12,22	12,28	1,55	3,20	4,25
Parietaria lusitanica: Früchte mit Perigon	10	6	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Veronica Cymbalaria: Samen . . .	10	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
» *persica:* Samen	10	5	5	5	5	5	5	5	4	4	3	3	2	2	1

Exp. 6. *Amberboa Lippii.* H. B. Pan. $19^{18}/_{5}03$. *Veronica Cymbalaria* *a*) Palermo, Steinmauer. $19^{15}/_{5}03$, *b*) H. B. Pan. $19^{10}/_{4}03$.

Lasius niger III.

Warm, sonnig, windig.

	Übriggeblieben					
$19^{18}/_{5}03$	4,52 Nm.	4,53	4,54	4,55	4,56	4,57
Amberboa Lippii: Früchte	10	2	0	0	0	0
Veronica Cymbalaria: *a*) Samen unpräpariert	10	0	0	0	0	0
» *a*) Samen mit entfernt. Samensträngen	10	6	4	2	1	0
» » *b*) Samen unpräpariert	10	2	2	1	0	0

Veronica hederæfolia.

Experimente.

Exp. 1. *Veronica hederaefolia* und *V. polita.* Visby. K. J. Johansson leg. Die Sendung trug den Poststempel $19^{6}/_{6}01$.

Formica rufa-pratensis I.

Warm, windig.

	Übriggeblieben											
$19^{8}/_{6}01$	1,50 Nm.	1,55	2,0	2 5	2,10	2,28	2,30	2,31	2,35	2,45	3,15	3,20	3,25
Veronica hederaefolia: Unpräpar. Samen	10	10	9	8	8	4	4	3	2	2	1	1	0
» Samen m. entfernt. Samensträngen	10	10	10	10	10	9	8	8	8	8	8	7	7
» » Samenstränge	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	7	7	6
» *polita:* Samen	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Exp. 2. Exp. 1 unter *Corydalis laxa.*

Exp. 3. *Carex montana.* Klockarhyttan $19^{16}/_{6}01$. *Veronica hederaefolia.* Wie bei Exp. 1.

Formica exsecta I.

Unbeständig, etwas Regen.

	Übriggeblieben						
$19^{16}/_{6}01$	3,50 Nm.	3,31	3,38	3,41	3,46	4,3	4,12
Carex montana: Verbreitungseinheiten	10	9	9	8	8	8	8
» » » mit entferntem Utriculus	10	10	10	10	10	10	10
» » Utriculusbasen	10	10	9	9	8	7	6
Veronica hederaefolia: Unpräparierte Samen	10	10	10	10	10	10	9
» » Samen mit entfernten Samensträngen	10	10	10	10	10	10	10

	Übriggeblieben											
$19^{16}/_{6}01$	4,25 Nm.	4,30	4,38	5,1	5,10	5,25	7,0	7,12	7,35	8,5	9,5	9,37
	8	8	8	7	6	6	4	3	2	2	2	2
	10	9	9	9	9	9	8	8	8	8	7	7
	5	4	4	3	3	3	1	1	1	1	1	1
	9	9	9	9	9	9	7	7	7	7	6	6
	10	10	10	10	10	10	9	9	9	8	7	7

Exp. 4. *Borrago laxiflora.* H. B. Monsp. $19^{14}/_{4}02$. *Veronica hederaefolia.* Montpellier. $19^{14}/_{4}02$.

Lasius niger II.

Warm, bewölkt.

	Übriggeblieben						
$19^{14}/_{4}02$	10,42 Vm.	10,43	10,44	10,45	10,46	10,47	10,48
Borrago laxiflora: Früchte unpräpariert	10	9	8	6	5	5	3
» » Früchte mit entferntem Elaiosom	10	10	10	10	10	10	10
Veronica hederaefolia: Samen	10	10	10	9	9	9	9

	Übriggeblieben															
$19^{14}/_{4}02$	10,49	10,51	10,52	10,55	10,56	11,5	11,6	11,31	11,32	11,42	11,43	1,45	1,46	3,22	3,34	6,47
	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	9	7	7	6	6	5	5	5	5	5	4	4	4	4	3
	9	9	9	9	9	9	9	9	8	8	7	4	4	2	2	0

Exp. 5. *Ficaria ranunculoides* und *Veronica hederaefolia.* Montpellier $19^{18}/_{4}03$.

Lasius niger II.

Sonnig, warm.

	Übriggeblieben																				
$19^{18}/_{4}03$	10,56 Vm.	10,59	11,2	11,3	11,16	11,23	11,36	11,37	11,38	11,41	11,45	11,46	11,48	11,54	11,55	11,56	12,2	12,6	12,7	12,8	12,10
Ficaria ranunculoides:																					
Früchte . .	10	10	10	10	10	10	10	9	8	8	7	7	6	5	4	4	3	2	1	1	0
Veronica hederaefolia: Samen	10	9	8	7	7	6	5	5	5	4	4	4	4	4	3	2	2	1	1	0	0

Die Ameisen schleppten die *Ficaria*-Früchte sehr langsam und mit grosser Beschwerde fort. Eine brauchte $2^{1}/_{2}$ Minuten für einen Transport von 40 cm, eine an-

dere 3 Minuten für einen Transport von 42 cm. In dem letzteren Falle blieb die Frucht zwischen einem kleinen Stein und einigen Blättern sitzen; nach fruchtlosen Versuchen von allen Seiten, sie loszumachen, gab die Ameise ihre Beute auf.

Exp. 6. *Scilla lilio-hyacinthus* und *Veronica hederaefolia*. H. B. Monsp. $19^{19}/_{4}02$.
Lasius niger II.
Sonnig, sehr warm.

	Übriggeblieben																			
$19^{19}/_{4}02$	3,11 Nm.	3,20	3,21	3,22	3,24	3,25	3,29	3,31	3,35	3,38	3,40	3,41	3,42	3,43	3,44	3,45	4,9	4,11	4,48	6,21
Scilla lilio-hyacinthus: Samen . .	10	10	10	10	10	10	10	9	8	8	8	8	7	6	5	4	3	2	2	2
Veronica hederaefolia: Samen . .	10	9	8	7	6	5	4	4	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0

Exp. 7. Exp. 1 unter *Viola odorata*.

Veronica panormitana.

Experimente.

Exp. 1. *Melampyrum nemorosum* und *Mercurialis perennis*. Skabbholmen. $19^{22}/_{7}01$. *Veronica panormitana*. H. Berg. $19^{17}/_{7}01$.
Formica rufa I.
Warm, sonnig.

	Übriggeblieben							
$19^{22}/_{7}01$	6,38 Nm.	7,0	7,20	8,25	9,0	10,37	$^{23}/_{7}$	9 Vm.
Melampyrum nemorosum: Samen	10	10	9	9	9	2		0
Mercurialis perennis: Samen	10	10	9	9	7	0		0
Veronica panormitana: Samen	10	9	9	9	8	0		0

Exp. 2. *Milium effusum*. Skabbholmen, Juli 1901. *Luzula campestris* und *Triodia decumbens*. Klockarhyttan. $19^{31}/_{7}03$. *Veronica panormitana* H. Berg. $19^{24}/_{7}01$.
Formica exsecta I.

	Übriggeblieben								
$19^{31}/_{7}01$	10,48 Vm.	11,4	11,5	11,10	11,20	11,26	11,27	11,30	11,44
Milium effusum: Verbreitungseinheiten	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Luzula campestris: Samen	10	10	9	9	9	9	9	9	9
Triodia decumbens: Unpräparierte Verbreitungseinheiten	10	10	9	8	8	8	7	5	4
Triodia decumbens: Verbreitungseinheiten mit weggeschnittenem Basalteil[1]	10	10	10	10	9	9	9	8	8
Veronica panormitana: Samen	10	10	10	10	10	10	10	9	9

[1] Basalteil = Die Elaiosome mit der Ansatzpartie nebst den darunterliegenden Teilen der Deckspelze.

	Übriggeblieben													
$19^{31}/_{7}01$	11,54 Vm.	11,56	12,4	12,23	12,33	12,50	12,51	1,3	1,48	1,58	2,17	2,28	3,14	6,53
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	8
	9	8	7	6	6	6	6	6	3	3	3	3	1	0
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	0
	8	7	7	7	7	7	7	7	6	6	5	5	4	3
	9	9	9	9	9	9	8	8	4	4	4	4	3	0

Exp. 3. *Theligonum Cynocrambe.* La Favorita, Maquis. $19^{9}/_{4}03$. *Veronica panormitana.* H. B. Pan. $19^{11}/_{4}03$.

Lasius niger III.

Sonnig, frisch, windig.

	Übriggeblieben														
$19^{12}/_{4}03$	9,12 Vm.	9,13	9,14	9,15	9,16	9,17	9,18	9,19	9,20	9,21	9,22	9,27	9,30	9,48	9,51
Theligonum Cynocrambe: Unpräparierte Früchte	10	9	6	4	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
» » » mit entferntem Anhang	10	10	8	7	6	6	6	6	5	2	2	2	1	1	0
Veronica panormitana: Unpräparierte Samen	10	9	6	6	6	4	1	1	1	1	0	0	0	0	0
» » » mit entferntem Samenstrang	10	9	7	6	5	4	2	2	2	1	0	0	0	0	0

An den präparierten *Veronica*-Samen waren die Wundflächen nicht abgetrocknet, was in dem folgenden Experiment auf das sorgfälligste getan wurde.

Exp. 4. *Theligonum Cynocrambe.* La Favorita. $19^{9}/_{4}03$. *Veronica panormitana.* H. B. Pan. $19^{12}/_{4}03$.

Lasius niger III.

Warm, sonnig, schwach windig.

	Übriggeblieben					
$19^{13}/_{4}03$	11,24 Vm.	11,25	11,26	11,27	11,28	11,29
Theligonum Cynocrambe: Früchte	10	5	3	1	0	0
Veronica panormitana: Unpräparierte Samen	10	2	0	0	0	0
» » » mit entferntem Samenstrang	10	8	7	2	1	0

Orobanchaceae.

Lathraea Squamaria.

Wie ich in meiner Spridningsbiologi 241 angeführt, habe ich in einem Birkenhain bei Klockarhyttan i. J. 1900 Gelegenheit gehabt zu beobachten, wie Samen der *Lathraea* von *Myrmica laevinodis* transportiert wurden, und zwar vom 29. Juni bis 5. Juli

28 Stück. Die kurze, früh eintreffende Verbreitungszeit, die Anatomie der Kapseln und Stengel und der ölführende Anhang der Samen deuten offenbar auf Myrmekochorie hin. *Myrmica laevinodis* habe ich indessen nicht als Versuchsameise anwenden können, und ein vereinzeltes Experiment mit *Lasius fuliginosus* ergab ein negatives Resultat (vgl. Exp. 1 unter *Arenaria trinervia*). Die experimentellen Belege für die vermutete Myrmekochorie sind also noch nicht gegeben.

Experimente.

Exp. 1. *Carex digitata.* Uppsala, Kungsparken $19^{5}/_{7}01$. *Lamium album.* Uppsala $19^{5}/_{7}01$. *Lathraea Squamaria.* Djuphagen, Juli 1901. Leg. R. Cederström.
Lasius fuliginosus II.
Laue Luft.

	Übriggeblieben																
$19^{5}/_{7}01$	6,43 Nm.	6,48	6,52	6,58	7,3	7,8	7,14	7,15	7,16	7,20	7,22	7,25	7,36	7,55	8,0	8,5	8,13
Carex digitata: Verbreitungseinheiten	10	10	9	9	7	7	7	7	6	6	6	6	6	5	5	5	5
Lamium album: Unpräparierte Teilfrüchte . .	10	9	9	8	8	8	7	6	4	4	3	2	2	1	1	0	0
» » » mit entferntem Fuss	10	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Lathraea Squamaria: Samen	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Der Hepatica-Typus.

Biologisch gesehen schliesst sich dieser Typus eng an den vorhergehenden an. Die Verbreitungseinheiten bestehen indessen hier aus Früchten, bei denen der Basalteil des Perikarps als Elaiosom ausgebildet ist. Wie bei gewissen Samen des *Viola odorata*-Typus das Elaiosom ohne Grenze in die Epidermis der Samenschale übergeht, so können Epidermis und Haarzellen des Perikarps weit oberhalb des eigentlichen, dem Äussern nach weissgefärbten Elaiosoms Öl führen. Das ist deutlich der Fall bei den Früchten von *Adonis vernalis*, welche Art fast als eigener Typus aufgestellt werden könnte: ein weisses Basalelaiosom ist hier vorhanden, das Ölgewebe desselben setzt sich aber ohne Grenze von der ölführenden Epidermis des Perikarps an bis weit über die Mitte der Frucht hin. Durch *Ficaria*, um uns an die *Ranunculaceae* zu halten, wo die ölführenden Epidermispartien weiter unten endigen, wird jedoch der Übergang zu der mit einem wohl begrenzten Basalelaiosom ausgerüsteten *Hepatica*-Frucht deutlich vermittelt.

Theligonaceae.

Theligonum Cynocrambe.

In Palermo und dessen Umgebungen ist *Theligonum* gemein sowohl auf sonnenoffenen wie auf beschatteten Bergwänden und Steinmauern und unter Büschen in Anlagen und Maquis. An allen diesen Lokalen war es sehr gewöhnlich, während der Samenverbreitung von Mitte April bis Mitte Mai (1903), wenn die ganze Pflanze abzuwelken begann, Ameisen ihre Früchte schleppen zu sehen. Die Ameisen gehörten den Arten *Lasius niger* und *Aphaenogaster barbara* an.

Prof. A. Borzi hat mir gütigst mitgeteilt, dass er auch einmal bei Palermo Ameisen Früchte habe tragen sehen.

Eine Beobachtung in Genua (Orto Botanico, *Lasius niger* mit einer Frucht $19^{26}/_{5}03$) deutet darauf hin, dass sich dieselbe Verbreitungsart auch in anderen Gegenden wiederfindet.

Die Experimente zeigen auch eine auf das Elaiosom beruhende ziemlich hochgradige Myrmekochorie. An Auswurfmaterial vor Eingängen zu *Lasius niger*-Bauen habe ich es abgefressen gesehen (H. B. Pan. $19^{11}/_{5}03$). Die Epidermis der Fruchtwand oberhalb des Elaiosoms — Exp. 4 verglichen mit Exp. 1 — trägt etwas als Lockmittel bei.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 3 unter *Veronica panormitana.*

Exp. 2. Exp. 4 unter *Veronica panormitana.*

Exp. 3. *Mercurialis annua.* H. B. Pan. $19^{11}/_{4}03$. *Theligonum Cynocrambe.* Palermo. $19^{14}/_{4}03$.

Lasius niger III.

Warm, sonnig, etwas windig.

	Übriggeblieben											
$19^{15}/_{4}03$	9,46 Vm.	9,47	9,48	9,49	9,51	9,52	9,53	9,54	9,55	9,56	9,57	9,58
Mercurialis annua: Samen, unpräpariert	10	9	9	9	9	8	6	4	1	1	0	0
Mercurialis annua: Samen mit entfernter Caruncula, aber erhaltener Epidermis	10	9	8	8	8	6	5	1	1	0	0	0
Theligonum Cynocrambe: Früchte	10	10	8	8	8	7	6	6	5	2	1	0

Exp. 4. *Calendula officinalis.* La Favorita, Maquis. $19^{15}/_{4}03$. *Theligonum Cynocrambe.* Palermo. $19^{14}/_{4}03$.

Lasius niger III.

Sonnig, warm, windig.

	Übriggeblieben				
$19^{17}/_{4}03$	3,50 Nm.	3,51	3,52	3,53	3,54
Calendula officinalis: Hakenfrüchte	10	10	10	10	10
Windfrüchte	10	10	10	10	10
» » Larvenfrüchte	10	10	10	10	10
Theligonum Cynocrambe: Früchte, unpräpariert	10	7	4	3	1
» » mit entferntem Anhang	10	7	7	7	7
» » » » » und entfernter Epidermis der Fruchtwand	10	10	10	10	10

	Übriggeblieben										
$19^{17}/_{4}03$	4,5 Nm	4,6	4,11	4,30	4,37	4,38	4,43	4,53	7,10	$^{18}/_{4}$	9,30 Vm.
	10	10	10	10	10	10	10	10	10		10
	10	10	10	10	10	10	10	10	10		7[2]
	10	10	10	10	10	10	10	10	10		9
	1	1	1	1	1	1	1	0[1]	0		0
	7	6[1]	5	5	4	3	2	2	2		1
	10	10	10	10	10	10	10	10	10		8

[1] Wurde von cfr *Formica fusca* genommen.

[2] Die 3 fehlenden lagen nur 20 cm vom Depot entfernt.

Exp. 5. *Parietaria lusitanica* und *Theligonum Cynocrambe*. Palermo, Giardino Inglese, Kalkfelsen. $19^{28}/_{4}$ 03.

Lasius niger III.

Sonnig, heiss, schwach windig.

	Übriggeblieben																			
$19^{29}/_{4}$ 03	8,54 Vm.	8,55	8,56	8,58	8,59	9,1	9,2	9,3	9,4	9,7	9,8	9,9	9,11	9,12	9,13	9,14	9,24	9,28	9,29	9,40
Parietaria lusitanica: Früchte mit Perigon	10	9	8	8	7	7	6	6	6	5	5	5	5	5	4	3	3	2	1	0
Theligonum Cynocrambe: Früchte	10	10	9	9	9	8	7	6	5	5	4	3	2	1	1	1	0	0	0	0

Ranunculaceae.

Adonis vernalis.

Auf der Parzelle, die *Adonis vernalis* im H. B. U. hat, beginnt sie ihre Fruchtverbreitung im Anfang des Juli — in dem warmen Sommer 1901 sah ich Ameisen mit ihren Früchten bereits am 22. Juni — und schliesst sie schon nach ein paar Wochen ab. Während dieser Zeit kann man in der Nähe der Parzelle kleinere Ameisenarten, z. B. *Formica rufibarbis* und *F. fusca*, mühsam die grossen weissen Früchte schleppen sehen. (Vgl. SERN., Spridningsbiologi 288).

Experimente.

Exp. 1 (SERN., Spridningsbiologi 248). Exp. 2 unter *Veronica agrestis.*

Exp. 2 (SERN., Spridningsbiologi 249). Exp. 3 unter *Veronica agrestis.*

Exp. 3. *Adonis vernalis*, *Potentilla rupestris* und *P. thuringiaca*. H. B. U. $19^{21}/_{7}$ 03.

Formica rufa-pratensis I.

Sehr heiss, sonnig.

	Übriggeblieben								
$19^{21}/_{7}$ 03	1,23 Nm.	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,30	1,31
Adonis vernalis: Früchte	10	7	5	3	0	0	0	0	0
Potentilla rupestris: Früchte	10	10	10	10	10	9	8	8	8
» *thuringiaca:* Früchte	10	8	8	6	5	5	3	3	2

	Übriggeblieben									
$19^{21}/_{7}$ 03	1,32 Nm.	1,34	1,35	1,40	1,48	1,49	1,52	2,23	2,28	2,46
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	8	7	6	5	4	3	3	1	0
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

Ficaria ranunculoides.

Ficaria hat in der nordischen Vegetation, nach den Verhältnissen in Uppland und Nerike zu urteilen, wo ich am meisten Gelegenheit hatte sie zu studieren, in den meisten Jahren spärlichen Fruchtansatz und schlecht ausgebildete Früchte. Wenigstens ist das Elaiosom meistens wenig differenziert. Ich habe in Uppland (H. Berg. und Umgegend) nur in den Jahren 1904 (14. Juni) und 1905 (21. Juni) Früchte mit völlig normal ausgebildeten Elaiosomen gesehen und von Herrn Dr. Nils Sylwén eine ebenso gute Ernte vom Kinnekulle im Jahre 1903 erhalten. Nach meinen Erfahrungen in Südfrankreich 1902, Neapel und Sizilien 1903 scheinen sich auch weiter südwärts nicht nach jeder Blüte Früchte auszubilden und die Elaiosombildung im allgemeinen auch nicht die beste zu sein.

In Exp. 1, wo während ungefähr einer Stunde keine *Ficaria*-Früchte von den Ameisen genommen wurden, hatten diese einen grünen, von der übrigen Frucht kaum differenzierten Basalteil; die übrigen Experimente, die einen ziemlich positiven Ausschlag auf Myrmekochorie geben, sind mit Früchten angestellt, deren Basalteil weiss — schwach gelblich mit reichlich ölführenden Zellen war.

Während der Postfloration verlängert sich der Stengel etwas, ohne dass eine Gewebeverstärkung eintritt. Bei der Fruchtreife ist er in seiner Gesamtheit plagiotrop und beginnt, indem gleichzeitig die Turgeszenz abnimmt, sich auf den Boden zu legen. Schon etwas später im Vorsommer ist er gänzlich abgewelkt, und die Früchte liegen lose auf dem Boden. Wegen dieser so vielen myrmekochoren Haingewächsen analogen Postflorationsbiologie, die im folgenden näher geschildert werden soll, vermutete ich bereits, als ich an meiner Spridningsbiologi arbeitete, in *Ficaria* eine myrmekochore Gattung. Eine Stütze für diese Vermutung lieferte eine Observation im H. B. Monsp., wo ich selbst auf der Parzelle der *Ficaria Tetramorium caespitum* $19^{15}/_{4}02$ die Früchten derselben ziehen und ihr Elaiosom betasten sah.

Experimente.

Exp. 1 (Sern., Spridningsbiologi 267). Exp. 3 unter *Gagea lutea*.
Exp. 2. Exp. 1 unter *Veronica Cymbalaria*.
Exp. 3. Exp. 5 unter *Veronica hederaefolia*.
Exp. 4. *Ficaria ranunculoides* und *Waldsteinia geoides*. H. Berg. $19^{14}/_{6}04$. *Formica rufa* VII.
Windig, ziemlich heiss, bewölkt.

	Übriggeblieben																				
$19^{16}/_{6}04$	6,5Nm.	6,10	6,11	6,12	6,13	6,15	6,16	6,21	6,23	6,24	6,28	6,35	6,36	6,38	6,41	6,43	7,10	7,27	7,31	7,49	8,0
Ficaria ranunculoides: Früchte	10	10	9	7	7	6	5	5	5	5	4	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0
Waldsteinia geoides: Früchte	10	10	10	10	9	9	9	8	7	6	6	5	5	5	5	4	4	2	2	1	0

Hepatica triloba.

Die Blüten der Leberblume liegen während der Postfloration an erschlaffendem Stiel versteckt unter dem Blattwerk. Die Fruchtverbreitung tritt im mittleren Schweden zur Johanniszeit ein und ist in ungefähr 3 Wochen zu Ende (SERN. Spridningsbiologi 237). Sehr warme Vorsommer beschleunigen den Eintritt der Verbreitung. Im Jahre 1901 sah ich in Uppland die erste Ameise mit einer *Hepatica*-Frucht am 10. Juni (Kirchspiel Frötuna, Fichtenwaldsaum, *Formica rufa*) und die letzte am 4. Juli (Skyttorp, Fichtenwald, *Formica rufa*). Bei Lenna, auch in Uppland, sah ich 1904 bei täglichen Beobachtungen an *Formica rufa* in einem von Leberblumen reichen Birkenhain den ersten Transport am 12. Juni und den letzten am 28. Juni. In dem kalten Sommer 1902 dagegen beobachtete ich in Nerike den ersten Transport erst am 8. Juli (Klockarhyttan, Hain, s. SERN., Spridningsbiologi 237, *Myrmica laevinodis*), und bei einem Besuch auf dem Kinnekulle in Västergötland sah ich *Formica rufa* am 17.—20. Juli fleissig damit beschäftigt, *Hepatica*-Früchte einzusammeln.

In den Westalpen beobachtete ich $19^{17}/_{5}02$ auf dem M. Ventoux, c. 500 m ü. d. M., im Eichengestrüpp eine Ameise mit einer Frucht von *Hepatica*, die sich damals im Beginn der Fruchtverbreitung befand.

Es sind mehrere Ameisenarten, die sich an diesem Transport beteiligen; aufgezeichnet sind *Formica rufa*, *F. rufa-pratensis*, *Lasius fuliginosus* und *Myrmica laevinodis*.

Das Elaiosom ist wohl begrenzt und lässt sich leicht abtrennen. Die Exp. 2 und 7 zeigen seine Bedeutung als Anlockungsmittel. Übrigens deuten die Experimente auf einen ziemlich hohen Grad von Myrmekochorie.

Experimente.

Exp. 1 (SERN., Spridningsbiologi 250). Exp. 4 unter *Luzula pilosa*.

Exp. 2 (SERN., Spridningsbiologi 251). *Hepatica triloba*. Klockarhyttan $19^{29}/_{6}00$. *Formica exsecta* I.

Ziemlich heiss, windig.

	Übrig geblieben										
$19^{20}/_{6}00$	4,30 Nm.	4,35	4,40	4,45	4,50	4,55	5,0	5,5	5,15	5,30	6,10	7,20
Hepatica triloba: Früchte, unpräpariert . . .	10	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
mit entferntem Anhang	10	10	10	10	8	7	6	4	4	2	2	0

Die verstümmelten Früchte wurden nur kurze Strecken transportiert.

Exp. 3 (SERN., Spridningsbiologi 252). Exp. 5 unter *Luzula pilosa*.

Exp. 4 (SERN., Spridningsbiologi 252). Exp. 6 unter *Luzula pilosa*.

Exp. 5 (SERN., Spridningsbiologi 253). *Anemone nemorosa* und *Hepatica triloba*. Klockarhyttan. $19^{27}/_{6}00$.

Formica rufa II.

Sonnig, warm.

	Übriggeblieben					
$19^{27}/_{6}00$	5,56 Nm.	6,0	6,3	6,4	6,5	6,10
Anemone nemorosa: Früchte	10	7	2	2	1	0
Hepatica triloba: Früchte . .	10	7	4	0	0	0

Exp. 6. *Carex glauca, C. Halleriana, Hepatica triloba* und *Lamium maculatum.* M. Ventoux. $19^{18}/_{5}02$.

Cremastogaster scutellatus I.

Sonnig, windig, ziemlich frisch.

	Übriggeblieben							
$19^{18}/_{5}02$	9,5 Vm	9,6	9,7	9,8	9,9	9,10	9,12	9.13
Carex glauca: Verbreitungseinheiten	10	10	10	10	9	9	8	8
» *Halleriana:* »	10	9	9	9	9	7	7	6
Hepatica triloba: Früchte	10	10	9	9	7	7	7	7
Lamium maculatum: Teilfrüchte	10	10	10	9	8	6	5	5

	Übriggeblieben																
$19^{18}/_{5}02$	9,14 Vm.	9.16	9,17	9,18	9,19	9,21	9,23	9,24	9,25	9,27	9.30	9,33	9,37	9,38	9,41	10,10	12,20	6,50
	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7	7	5	1	0
	5	5	5	4	3	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	7	6	6	6	6	6	5	5	4	3	2	2	1	0	0	0	0
	4	4	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0

Während in den anderen mit dieser Ameisenart hierselbst angestellten Experimenten die Ameisen durch Erschütterung ihres Baues hervorgelockt werden mussten, wurde während dieses Experiments der Depotplatz von zahlreichen Ameisen aus eigenem Antrieb besucht.

Exp. 7. *Anemone nemorosa* und *Hepatica triloba.* Klockarhyttan. $19^{29}/_{6}03$.

Formica exsecta I.

Sonnig, heiss.

	Übriggeblieben							
$19^{1}/_{7}03$	10,35 Vm.	10,36	10,37	10,38	10,41	10,42	10,43	10,44
Anemone nemorosa: Früchte	10	10	10	10	10	10	8	8
Hepatica triloba: Früchte, unpräpariert	10	8	6	5	5	4	4	4
» » » mit entferntem Anhang	10	9	9	9	9	9	9	8

	Übriggeblieben															
19 1/7 03	10,45 Vm.	10,46	10,47	10,48	10,49	10,50	10,51	10,55	10,56	10,59	11,5	11,8	11,15	11,42	11,52	12,5	12,26
	8	7	7	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0
	3	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	3	3	2	0

Fumariaceae.

Fumaria capreolata.

Die Myrmekochorie der *Fumaria*-Arten dürfte im nördlichen Europa ziemlich gering sein, und ich habe keine direkte Beobachtung über Ameisentransporte aus diesem Gebiet. Die gewöhnlichste Art, *F. officinalis*, verliert den grösseren Teil ihrer Früchte so spät im Jahre, dass die Ameisen ihre Streifzüge bereits bedeutend eingeschränkt haben, und nach meinen Beobachtungen in Uppland und Nerike überrascht oft der Winter massenweise Exemplare, deren Infloreszenzen noch Blüten im Knospen-Stadium, in der Anthese, in der Postfloration und der Fruchtreife stehen. Hierdurch wird *F. officinalis* ein fakultativer Wintersteher, zu der »Übergangsgruppe» gehörig — »deren zweite oder sonstwie spätkommende Blütengenerationen ihre Samen erst abnorm spät zu reifen vermögen», und die ich in meiner Spridningsbiologi 320–321 charakterisiert habe.

Im südlichen Europa dürfte es sich anders verhalten. Hier habe ich sowohl für *F. officinalis* wie für *F. capreolata* Beobachtungen über Ameisen, die die Früchte, je nachdem sie abfielen, wegtrugen. Die Fruchtverbreitung beginnt auch mit dem Eintritt des Sommers, da die Ameisen in lebhafter Tätigkeit sind. Bei Montpellier beobachtete ich die erste Ameise mit *F. officinalis*-Früchten am 8. Mai, und am 22. April bei Palermo die erste mit einer Frucht von *F. capreolata*. Im südlichen Frankreich schien *Aphaenogaster barbara* ein wichtiger Verbreiter der *F. officinalis*-Früchte zu sein, aber auch *Lasius alienus*.

Im Auswurfgut vor Ameisenbauen beobachtete ich in Italien ein paarmal *F. capreolata*-Früchte. So auf dem Forum Romanum ($19^{25}/_{3}03$) und im H. B. Pan. (*Lasius niger* $19^{11}/_{5}03$; die Elaiosome angefressen. *Lasius alienus* $19^{24}/_{4}03$).

Im Süden scheint auch das Elaiosom besser entwickelt zu sein als im Norden. So geben die beiden Exp. 1 und 2 unter *F. officinalis* mit schwedischen Früchten einen fast negativen Ausschlag auf Myrmekochorie. Man vergleiche mit diesen z. B. Exp. 6, dessen Material in Palermo eingesammelt war.

Experimente.

Exp. 1. *Fedia Cornucopiae*. La Favorita, Maquis. $19^{24}/_{4}03$. *Fumaria capreolata*. H. B. Pan. $19^{25}/_{4}03$.

Lasius niger III.

Heiss, sonnig, windig.

	Übriggeblieben									
$19^{25}/_{4}03$	10,6 Vm.	10,7	10,8	10,9	10.10	10,11	10,12	10,13	10,14	10,15
Fedia Cornucopiae: Ameisenfrüchte	10	10	10	10	10	9	9	8	8	7
» » Eingefasste Früchte	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9
Fumaria capreolata: Früchte	10	9	8	8	7	6	6	5	4	4

	Übriggeblieben																		
$19^{25}/_{4}03$	10,16 Vm.	10,17	10,18	10,19	10,20	10,21	10,22	10,23	10,24	10,25	10,27	10,28	10,29	10,34	10,44	10,48	10,56	3,35
	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4[1])	3	3	1	1
	9	9	8	7	7	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	4	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1	0	0	0	0	0	0

An den 5 eingefassten Früchten von *Fedia*, die von den Ameisen genommen wurden, sassen noch Stücke der schwammigen Blütenstandachse, die mitgekommen waren, als die Früchte abgelöst wurden, die anderen 5 entbehrten dieses Anhangs.

Exp. 2. Exp. 2 unter *Reseda odorata.*

Exp. 3. *Euphorbia Peplus* und *Fumaria capreolata.* H. B. Pan. $19^{27}/_{4}03$. *Lasius niger* III.

Sonnig, ziemlich frisch, windig.

	Übriggeblieben							
$19^{27}/_{4}03$	10,47 Vm.	10,48	10,49	10,50	10,51	10,55	10,56	10,57
Euphorbia Peplus: Samen, unpräpariert	10	9	9	9	8	8	8	8
» » » mit entferntem Anhang	10	10	9	8	8	8	8	8
Fumaria capreolata: Früchte	10	10	10	10	10	10	9	7

	Übriggeblieben																		
$19^{27}/_{4}03$	10,58 Vm.	10,59	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9	11,10	11,11	11,14	11,26	11,27	11,34	11,42	12,7	12,21	1,55
	7	6	6	6	5	4	3	3	3	3	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7	6	6	6	2	2	0
	7	7	6	5	4	3	3	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Exp. 4. *Fumaria capreolata.* H. B. Pan. $19^{4}/_{5}03$. *Fumaria officinalis, Parietaria lusitanica* und *P. officinalis.* H. B. Messina. $19^{2}/_{5}03$.

Lasius niger III.

Heiss, sonnig, schwach windig.

[1]) Wurde von *Formica fusca* genommen.

		Übriggeblieben									
$19^{4}/_{5}03$	11,2 Vm.	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9	11,10	11,11	11,12
Fumaria capreolata: Früchte	10	10	10	8	4	2	1	0	0	0	0
» *officinalis:* »	10	10	10	6	4	3	3	3	3	3	2
Parietaria lusitanica: Früchte mit Perigon	10	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0
» *officinalis:* » » »	10	10	10	10	10	9	8	7	6	6	5

	Übriggeblieben										
$19^{4}/_{5}03$	11,13	11,15	11,16	11,23	11,24	11,27	11,37	11,58	12,6	12,24	2,16	2,17
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	4	3	3	3	2	2	2	2	1	1	0

Exp. 5. *Allium neapolitanum, Fumaria capreolata, F. officinalis* und *F. spicata.* H. B. Pan. $19^{8}/_{5}03$.

Lasius niger III.

Sonnig, heiss, etwas windig.

		Übriggeblieben															
$19^{8}/_{5}03$	3,3 Nm.	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	3,10	3,11	3,12	3,13	3,14	3,15	3,16	3,17	3,19	3,20
Allium neapolitanum: Samen	10	10	10	9	7	7	6	5	4	4	3	3	3	3	1	1	0
Fumaria capreolata: Früchte	10	9	8	7	4	4	4	3	3	3	2	2	1	1	0	0	0
» *officinalis:* »	10	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
» *spicata:* »	10	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Mehrere der *Allium*-Samen hatten vielleicht eine etwas verletzte Schale, so dass Punkte des ölhaltigen Endosperms blossgelegt waren.

Fumaria officinalis.

Experimente.

Exp. 1. *Anchusa arvensis.* Exemplare aus Nerike, Askersund $19^{8}/_{8}01$, die in Wasser frisch gehalten worden. *Fumaria officinalis.* Klockarhyttan. $19^{13}/_{8}01$.

Lasius fuliginosus III.

Sehr heiss, sonnig, windig.

	Übriggeblieben							
$19^{13}/_{8}01$	10,47 Vm.	11,55	12,37	1,34	1,35	2,15	3,34	4,47
Anchusa arvensis: Teilfrüchte, unpräpariert	10	10	7	4	3	3	0	0
» » » mit entferntem Fuss	10	10	10	8	8	8	7	7
Fumaria officinalis: Früchte	10	10	10	8	8	8	8	8

Um 11,5 Uhr kam ein *Tetramorium caespitum* und schnappte schnell die zu äusserst im Depot liegende Frucht, eine *Anchusa*-Frucht mit entferntem Fuss, weg und zog mit ihr in dem beschwerlichen Terrain davon. Als sie um 11,10 Uhr 35 cm weit vom Depot gekommen war, nahm ich ihr die Frucht wieder ab und legte sie ins Depot zurück. — Um 11,43 Uhr kam ein anderes Individuum von derselben Ameisenart und schnappte eine von den nächstliegenden, präparierten *Anchusa*-Früchten weg; um 11,45 Uhr war sie 20 cm weit gekommen. Die Frucht wurde nun wieder in das Depot zurückgelegt.

Die *Lasius fuliginosus*-Individuen waren spärlich vorhanden und träge in ihren Bewegungen.

Exp. 2. *Anchusa officinalis* und *Dimorphotheca pluvialis.* H. B. U. $19^{22}/_{8}01$. *Fumaria officinalis.* Klockarhyttan. $19^{26}/_{8}01$.

Formica exsecta I.

Schönes Wetter, aber windig.

	Übriggeblieben							
$19^{26}/_{8}01$	11,37 Vm.	11,42	11,43	11,44	11,45	11,47	11,48	11,53
Anchusa officinalis: Teilfrüchte, unpräpariert	10	9	9	8	7	6	5	4
» » » mit entferntem Fuss . . .	10	10	10	10	10	10	10	10
Dimorphoteca pluvialis: Flügelfrüchte	10	10	10	10	10	10	10	10
» » : Larvenfrüchte	10	10	10	10	10	10	10	10
Fumaria officinalis: Früchte	10	10	10	10	10	10	10	10

	Übriggeblieben																		
$19^{26}/_{8}01$	11,54Vm	11,59	12,2	12,4	12,29	12,30	12,31	12,48	1,1	1,35	1,36	1,42	2,0	2,53	4,25	4,41	5,25	6,25	7,20
	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	10	10	8[1]	8	7	6	6	6	4	4	4	4	2	1	1	1	1	0
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9
	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	8	8	8	8	5	5	5	5	4
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	4	4	3	3	3

[1] Eine Ameise nahm zwei Früchte auf einmal.

Exp. 3. *Fumaria officinalis*, *F. spicata* und *Veronica persica*. H. B. Monsp. $19^{28}/_{4}02$.

Lasius niger II.

Bewölkt, ziemlich frisch, dann und wann Regentropfen.

	Übrig geblieben																				
$19^{28}/_{4}02$	9,3 Vm.	9,4	9,5	9,6	9,8	9,9	9,10	9,11	9,12	9,13	9,18	9,19	9,22	9,41	9,42	9,48	9,56	10,3	10,15	11,57	4,36
Fumaria officinalis: Früchte	10	10	10	10	9	9	9	9	8	7	6	6	6	5	5	4	3	3	2	0	0
» *spicata:* »	10	9	7	7	7	6	4	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Veronica persica: Samen	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	8	8	8	8	7	6

Exp. 4. *Fumaria officinalis*. Montpellier, Acker. $19^{3}/_{5}02$. *Symphytum bulbosum*. La Valette, Wald. $19^{1}/_{5}02$.

Lasius niger II.

Sonnig, windig, ziemlich frisch.

	Übrig geblieben																				
$19^{3}/_{5}02$	9,50 Vm.	10,3	10,4	10,5	10,13	10,15	10,16	10,17	10,19	10,20	10,22	10,40	10,41	10,42	10,45	10,46	10,49	10,50	10,52	10,55	11,0	11,3	11,27
Fumaria officinalis:																							
Früchte	10	10	10	9	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7	6	6	5	4	4	3	2	1	0
Symphytum bulbosum:																							
Teilfrüchte	10	9	8	8	8	8	8	7	6	5	4	3	3	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0

Exp. 5. Exp. 4 unter *Fumaria capreolata*.

Exp. 6. Exp. 5 unter *Fumaria capreolata*.

Fumaria spicata.

F. spicata vertritt in allen Hinsichten einen Typus, der seiner myrmekochoren Ausbildung nach bedeutend mehr differenziert ist, als die beiden vorhergehenden Arten. Abgesehen davon, dass, wie weiter unten geschildert werden soll, das mechanische System der Fruchtstandachse, der schnellen Reife und Ablösung der Früchte entsprechend, stark reduziert ist, ist das Elaiosom hier seinem anatomischen Bau nach mehr von dem Perikarp differenziert, und der Effekt desselben ist entschieden grösser. Vgl. z. B. Exp. 3 und 5.

In der Natur habe ich ihre Samenverbreitung hauptsächlich im H. B. Monsp. in einer kleinen Abteilung beobachtet, wo die Vegetation sich frei entwickeln durfte. Auf einem kleinen Fleck derselben mit niedriger und spärlicher, hauptsächlich aus Myrmekochoren, u. a. *F. spicata*, gebildeten Feldschicht sah ich oft, dass Früchte derselben von *Aphaenogaster barbara*, *Tetramorium caespitum* und *Pheidole pellucida* (Mai 1902) getragen wurden. — Auch im H. B. Pan., wo sie spärlich subspontan

wuchs, beobachtete ich ein paarmal Ameisen (*Aphaenogaster testaceo-pilosa* und *Pheidole pellucida*) mit ihren Samen (Mai 1903).

Experimente.

Exp. 1. *Fumaria spicata* und *Symphytum tauricum*. H. B. Monsp. $19^{27}/_{4}02$. *Lasius niger* II.
Bewölkt, kühl.

	Übriggeblieben																	
$19^{27}/_{4}02$	10,55 Vm.	11,0	11,4	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9	11,10	11,14	11,15	11,16	11,18	11,19	11,21	11,23	11,26
Fumaria spicata: Früchte . .	10	10	10	10	9	7	7	7	7	7	6	5	4	3	2	1	0
Symphytum tauricum: Teilfr. .	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1	0	0	0

Exp. 2. *Fumaria spicata* und *Scilla lilio-hyacinthus*. H. B. Monsp. $19^{27}/_{4}02$. *Lasius niger* II.
Bewölkt, kühl.

	Übriggeblieben																	
$19^{27}/_{4}02$	4,23 Nm.	4,25	4,26	4,27	4,28	4,29	4,30	4,35	4,47	4,50	4,54	4,55	5.1	5,10	5,21	5,30	5,37	6,52
Fumaria spicata: Früchte	10	9	8	7	6	5	4	3	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0
Scilla lilio-hyacinthus: Samen	10	10	10	10	10	10	10	10	9	8	8	8	7	6	4	3	2	0

Exp. 3. Exp. 3 unter *Fumaria officinalis*.

Exp. 4. *Fumaria spicata*. H. B. Monsp. $19^{3}/_{6}02$. *Geranium molle*. Montpellier, Wegrand. $19^{3}/_{6}02$. *Polygala monspeliaca*. La Valette, Garigue. $19^{2}/_{6}02$.
Lasius niger II.
Sehr heiss, sonnig, ruhig.

	Übriggeblieben							
$19^{3}/_{6}02$	10,33 Vm.	10,34	10,35	10,36	10,37	10,38	10,39	10,40
Fumaria spicata: Früchte, unpräpariert	10	7	7	5	4	2	1	1
» » » mit entferntem Anhang	10	10	10	10	9	9	8	8
Geranium molle: Samen	10	10	10	10	10	10	10	10
Polygala monspeliaca: Samen, unpräpariert	10	9	6	6	6	6	6	5
» » » mit entferntem Caruncula . .	10	10	10	10	10	10	10	10

	Übriggeblieben							
$19^{5}/_{6}02$ 10,48 Vm.	10,54	11,3	11,8	11,37	11,38	12,1	1,40	7,21
1	0	0	0	0	0	0	0	0
8	8	8	8	8	7	7	6	0
10	10	10	10	10	10	10	9	0
5	5	5	5	5	5	5	4	0
10	9	9	8	8	8	8	8	1

Exp. 5. Exp. 5 unter *Fumaria capreolata*.

Rosaceae.

Potentilla alba.

Die Früchte mehrerer *Potentilla*-Arten besitzen an der Basis einen kleinen Anhang. Am schönsten habe ich diesen bei *P. alba* beobachtet, wo die Früchte mit einem wirklichen, ölführenden Elaiosom versehen sind. Die Blütenstandachse beginnt, wenn alle Blüten der dünnen Infloreszenz das Stadium der Postfloration und der Fruchtreife erreicht haben, zu erschlaffen, so dass diese schliesslich unter den hohen und üppigen Basalblättern versteckt liegen.

Ich habe daher allen Anlass zu vermuten, dass Myrmekochorie hier vorliegt. Nur zweimal, nämlich in den botanischen Gärten zu Amsterdam und Leyden, bin ich indessen in der Lage gewesen, sie in ihrem Wachstum zu studieren. Meine Experimente sind auch wegen des geringen Samenmaterials, das mir zur Verfügung gestanden, zu gering an Zahl. Ein Teil der präparierten Früchte in Exp. 2 hatte vielleicht ölige Wundflächen, was ich jedoch versäumt habe mikroskopisch festzustellen.

Experimente.

Exp. 1. *Aremonia agrimonioides* und *Potentilla alba*. H. B. Amst. $19^{19}/_{6}03$. *Formica rufa* II.
Warm, sonnig.

	Übriggeblieben					
$19^{24}/_{6}03$	9,24 Vm.	9,25	9,26	9,27	9,28	9,29
Aremonia agrimonioides: Früchte, unpräpariert	10	5	0	0	0	0
» » mit entferntem Anhang	10	9	5	4	1	0
» » Anhänge	10	0	0	0	0	0
Potentilla alba: Früchte	10	6	4	3	1	0

Exp. 2. *Aremonia agrimonioides* und *Potentilla alba*. H. B. Amst. $19^{19}/_{6}03$. *Formica exsecta* I.
Heiss, sonnig.

	Übriggeblieben																							
$19^{25}/_{6}$ 03	10,4 Vm	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9	10,10	10,11	10,12	10,13	10,14	10,15	10,16	10,17	10,18	10,19	10,20	10,22	10,23	10,24	10,28	10,29	10,31
Aremonia agrimonioides:																							
Früchte	10	9	9	8	5	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potentilla alba: Früchte, unpräpariert	10	10	10	10	10	9	7	6	5	5	4	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	0
Potentilla alba: Früchte, mit entferntem Anhang	10	10	10	10	10	9	7	5	4	4	4	4	3	3	3	2	2	2	2	1	1	0	0

Waldsteinia geoides.

Die Infloreszenzen reichen bis an die grossen, langgestielten, dichtgestellten Basalblätter heran oder einige cm darüber hinaus. Während der Postfloration biegen sich die Blütenstiele, so dass bei der Fruchtablösung der Blütenboden schräge abwärts gerichtet ist, wodurch die Exposition noch schlechter wird. Die Frucht ist ziemlich gross mit einem Basalwulst von hellerer Färbung. Das Ganze deutet auf Myrmekochorie.

Indessen ist die Fruchtbildung im H. B. U. und H. Berg., wo ich seit einigen Jahren die schnell verlaufende Fruchtverbreitung genau verfolgt habe, sehr schlecht, und bei den Früchten, die ich, nachdem das nötige anatomische und morphologische Untersuchungsmaterial abgenommen worden, mir zu meinen Experimenten habe verschaffen können, ist das Elaiosom sicherlich nicht vollausgebildet gewesen.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 4 unter *Ficaria ranunculoides.*

Exp. 2. *Carex digitata* und *Ranunculus auricomus.* Lenna, Laubwiese. $19^{24}/_{6}05$. *Waldsteinia geoides.* H. Berg. $19^{21}/_{6}05$.

Formica rufa VII.

Sehr heiss.

	Übriggeblieben							
$19^{24}/_{6}05$	11.26 Vm.	11.27	11,40	11,41	11,45	11,46	11,47	11,50
Carex digitata: Verbreitungseinheiten	10	10	10	10	10	9	8	8
Ranunculus auricomus: Früchte	10	10	9	9	9	9	9	8
Waldsteinia geoides: Früchte	10	10	10	10	9	9	9	9

$19^{24}/_{6}05$	Übriggeblieben												
	11,54 Vm.	11,58	12,15	12,16	12,44	1,3	2,54	3,5	5,43	6,10	7,47	$^{25}/_{6}$	12 M.
	8	7	7	6	4	4	2	2	2	2	0		0
	8	8	8	8	8	8	5	5	3	3	2		0
	9	9	9	9	9	9	2	2	1	1	1		0

Die Früchte von *Ranunculus auricomus* wurden nur kurze Strecken fortgeschafft.

Der Parietaria lusitanica-Typus.

Urticaceæ.

Parietaria lusitanica.

In der Umgegend von Palermo ist es nicht ungewöhnlich, an Mauern, in Felsspalten usw. die langen zarten Schösslinge dieser Pflanze auf der Unterlage ausgestreckt anzutreffen. Während der Samenverbreitungszeit, die 1903 Ende April begann und den Mai hindurch dauerte, wonach die Pflanze abzuwelken schien, konnte man Ameisen (*Aphaenogaster barbara*, *Formica fusca* usw.) die Verbreitungseinheiten schleppen sehen, die sich bei näherer Untersuchung als aus der Frucht und dem sie umschliessenden Kelch bestehend erwiesen, dessen Basalpartie zu einem kleinen runden, ölführenden Körper von weisser Farbe angeschwollen ist, welch letzterer stark gegen die dunklen Kelchblätter absticht. Schon am 19. Mai bemerkte ich im Auswurfgut vor der Öffnung eines Ameisenbaues (Palermo, Steinsockel der Kirche St. Giovanni dell' Eremita) solche Verbreitungseinheiten, die offenbar aus der Ernte desselben Jahres stammten und von denen dieser runde Körper abgenagt war.

Dass man es hier mit einem Elaiosom zu tun hat, geht auch deutlich aus den Exp. 2, 4 und 6 hervor, welche zeigen, dass ohne dasselbe die Verbreitungseinheiten keine Anziehungskraft auf die Versuchsameisen mehr ausüben und von ihnen wie die der Elaiosome entbehrenden anemochoren Verbreitungseinheiten von *Parietaria officinalis* behandelt werden.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 5 unter *Theligonum Cynocrambe*.

Exp. 2. *Parietaria lusitanica* und *P. officinalis*. H. B. Messina $19^{2}/_{5}03$.
Lasius niger III.
Heiss, sonnig, schwach windig.

	Übriggeblieben							
$19^{4}/_{5}03$	8,58 Vm.	8,59	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5
Parietaria lusitanica: Früchte mit Perigon	10	9	6	5	5	4	2	2
; das Elaiosom entfernt	10	10	10	10	10	10	9	9
officinalis: Früchte mit Perigon	10	10	10	10	9	7	7	6

	Übriggeblieben															
$19^{4}/_{5}03$	9,6 Vm.	9,7	9,8	9,9	9,10	9,13	9,14	9,15	9,18	9,19	9,20	9,24	9,46	10,32	11,37	11,58	6,16
	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	9	9	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8	7	7	5	5
	5	5	4	4	4	4	3	3	2	2	1	0	0	0	0	0	0

Exp. 3. Exp. 4 unter *Fumaria capreolata.*

Exp. 4. *Parietaria lusitanica* und *Symphytum bulbosum.* H. B. Messina. $19^{2}/_{5}03$. *Lasius niger* III.

Heiss, sonnig, schwach windig.

	Übriggeblieben			
$19^{4}/_{5}00$	12,1 Nm.	12,2	12,3	12,4
Parietaria lusitanica: Früchte mit Perigon . . .	10	4	0	0
Symphytum bulbosum: Teilfrüchte	10	7	2	0

Exp. 5 Exp. 3 unter *Reseda odorata.*

Exp. 6. *Allium neapolitanum.* H. B. Pan. $19^{6}/_{5}03$. *Parietaria lusitanica* und *P. officinalis.* Palermo, Giardino Inglese. $19^{5}/_{5}03$.

Lasius niger III.

Heiss, sonnig, windstill.

	Übriggeblieben						
$19^{6}/_{5}03$	9,47 Vm.	9,48	9,49	9,50	9,52	9,53	9,54
Allium neapolitanum: Samen	10	10	10	10	10	10	10
Parietaria lusitanica: Früchte mit Perigon	10	10	9	7	7	6	5
» » » » ; das Elaiosom entfernt .	10	10	10	10	10	10	10
Parietaria officinalis: Früchte mit Perigon	10	10	10	10	10	10	10

	Übriggeblieben											
$19^{6}/_{5}03$	9,55 Vm.	9,59	10,0	10,1	10,2	10,6	10,7	10,11	10,17	10,26	11,36	11,58	12,28
	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9
	4	4	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	10	10	10	10	10	10	10	9	9	8	7	7	7
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9

An den Verbreitungseinheiten von *Parietaria officinalis* war in den Exp. 2 und 3 die Hülle noch nicht zusammengeschrumpft; bei dem vorliegenden Exp. war sie zusammengeschrumpft und häutchenartig.

Exp. 7. Exp. 5 unter *Veronica Cymbalaria.*

Polygonaceæ.

Polygonum capitatum.

Im Botanischen Garten zu Genua hatte ich Ende Mai 1903 Gelegenheit, während der Verbreitungszeit diese Pflanze zu studieren, die hier im Freien in Töpfen gezogen wurde. An verschiedenen Stellen im Garten sah ich Ameisen, u. a. *Lasius niger*, mit dem Transport ihrer Verbreitungseinheiten d. h. der von der Hülle umgebenen Früchte, beschäftigt. Unter einer Terrasse mit einem *Polygonum*-Topf beobachtete ich innerhalb 3 Minuten nicht weniger als 12 Transporte.

Die Experimente, die ich bei derselben Gelegenheit anstellte, zeigen zur Genüge, dass die Hülle ein Anlockungsorgan von bedeutender Effektivität ist.

Experimente.

Exp. 1. *Helleborus purpurascens* und *Polygonum capitatum* H. B. Genua $19^{26}/_{5}03$. *Lasius niger* IV. (Vielleicht *Tapinoma erraticum*).
Heiss, sonnig, Windstille.

	Übriggeblieben																		
$19^{26}/_{5}03$	9,9 Vm.	9,10	9,11	9,12	9,13	9,14	9,15	9,16	9,17	9,18	9,19	9,20	9,23	9,24	9,30	9,45	9,55	10,9	10,40
Helleborus purpurascens: Früchte	10	10	10	10	9	9	9	8	7	7	6	6	6	5	4	2	1	1	0
Polygonum capitatum: Verbreitungseinheiten	10	9	8	8	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polygonum capitatum: Verbreitungseinheiten mit abgeschnittenem Basalteil	10	10	10	9	8	5	4	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Exp. 2. Exp. 1 unter *Primula acaulis*.
Exp. 3. Exp. 2 unter *Primula acaulis*.
Exp. 4. Exp. 2 unter *Arenaria muscosa*.

Der Ajuga-Typus.

Bei einer bedeutenden Anzahl *Borraginaceen* und *Labiaten* werden die Teilfrüchte bei der Ablösung von einer Partie der Blütenachse (resp. daneben einer Partie des Perikarps) begleitet, die ich *Pseudostrophiole* nenne, und von der es sich in vielen Fällen gezeigt hat, dass sie als Elaiosom ausgebildet ist.

Bisweilen findet sich auch Öl in der Aussenschicht des Perikarps, auch ist es bei gewissen hierhergehörigen Formen bei der Entfernung der Pseudostrophiole schwer, ölige Wundflächen zu vermeiden, was das Experimentieren zur Ermittelung der Bedeutung des eigentlichen Elaiosoms erschwert.

Borraginaceae.

Anchusa arvensis.

Experimente.

Exp. 1. *Anchusa arvensis.* Die Früchte wurden von in Wasser gestellten Exemplaren genommen, die in Askersund $19^{6}/_{8}01$ eingesammelt waren. *Melampyrum pratense* und *Betula verrucosa.* Klockarhyttan. $19^{8}/_{8}01$.

Formica exsecta I.

Frisch, ein paar leichte Regenschauer.

		Übrig geblieben						
	$19^{8}/_{8}01$ 10,39 Vm.	10,41	10,43	10,45	10,46	10,47	10,53	10,54
Anchusa arvensis: Teilfrüchte	10	9	8	7	6	5	4	3
Betula verrucosa: Früchte	10	10	10	10	10	10	10	10
Melampyrum pratense: Samen, unpräpariert . .	10	10	10	10	10	10	10	10
» » Samen, Samenschale und Anhang entfernt	10	10	10	10	10	10	10	10

	Übriggeblieben														
19⁸/₈01	10,55 Vm.	10,56	11,10	11,17	11,35	12,3	12,36	1,6	2,3	2,4	2,36	3,20	4,59	7,41	7,42
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	10	10	10	10	10	10	10	7	7	4	4	4	4	4
	10	10	10	9	9	9	7	6	4	3	2	2	1	1	1
	10	10	10	9	8	8	8	8	7	7	7	5	5	5	4

Einige der letzten *Betula*-Früchte waren vermutlich durch den Wind vom Depot weggeweht worden.

Exp. 2. *Anchusa arvensis.* Wie oben. *Lamium purpureum.* Klockarhyttan. 19 ¹⁰/₈ 01.

Formica rufa II.

		Übriggeblieben					
	19 ¹⁰/₈ 01	10,33 Vm.	10,34	10,35	10,36	10,37	10,38
Anchusa arvensis:	Unpräparierte Teilfrüchte	10	8	7	4	1	0
» »	Teilfrüchte mit entfernt. Pseudostrophiole	10	10	9	7	5	5
Lamium purpureum:	Unpräparierte Teilfrüchte	10	8	7	7	7	6
» »	Teilfrüchte mit entfernt. Pseudostroph.	10	10	10	10	10	10

	Übriggeblieben														
19 ¹⁰/₈ 01	10,39 Vm.	10,40	10,41	10,42	10,43	10,44	10,45	10,46	10,47	10,54	10,57	11,13	11,28	11,33	12,57	2,10
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	5	4	3	3	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	3	3	3	3	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	9	9	9	9	8	8	8	8	8	7	7	7	6	6	2	0

Exp. 3. Exp. 1 unter *Fumaria officinalis.*

Exp. 4. *Anchusa arvensis.* Klockarhyttan, Gartenland. 19 ⁹/₉ 01. *Euphorbia Helioscopia.* Nerike, Ervalla. 19 ⁴/₉ 01. *Impatiens Noli tangere.* Klockarhyttan, Bachufer. 19 ⁷/₉ 01.

Formica exsecta I.

Halbklarer Himmel, frisch.

		Übriggeblieben										
	19 ⁹/₉ 01	11,20 Vm.	11,24	11,26	11,28	11,29	11,30	11,31	11,33	11,35	11,38	11,43
Anchusa arvensis:	Teilfrüchte	10	9	8	7	7	6	5	4	3	2	1
Euphorbia Helioscopia:	Samen	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Impatiens Noli tangere:	Samen	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

	Übriggeblieben										
19 9/6 01	11,44 Vm.	12,1	12,34	12,35	1,21	1,39	2,1	2,52	3,26	5,5	5,59	7,25
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	7	7	6	6	4	4	1	1	0	0	0
	10	10	10	10	10	10	9	7	7	5	3	3

Anchusa officinalis.

Auf einem Schutthaufen mit einem Bestande dieser Pflanze habe ich einmal ein paar *Lasius niger* mit ihren Früchten davon ziehen sehen (Uppland, Lenna. 19 9/7 05).

Die Experimente 3 unter *A. arvensis* und 1 unter *A. officinalis* zeigen zur Genüge die Bedeutung der Pseudostrophiole als Anlockungsmittel. Die Früchte der beiden Arten sind von den Ameisen mehr begehrt, als die von *Fumaria officinalis*.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 2 unter *Fumaria officinalis*.
Exp. 2. Exp. 1 unter *Triteleia uniflora*.
Exp. 3. Exp. 2 unter *Triteleia uniflora*.

Borrago laxiflora.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 4 unter *Veronica hederaefolia*.

Exp. 2. *Borrago laxiflora, Calendula arvensis* und *Nonnea flavescens*. H. B. Monsp. 19 25/4 02.

Lasius niger II.

Heiss, sonnig.

		Übriggeblieben							
19 25/4 02		9,58 Vm.	9,59	10,0	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6
Borrago laxiflora:	Teilfrüchte	10	9	8	6	6	4	3	2
Calendula arvensis:	Windfrüchte	10	10	10	10	10	10	10	10
»	Hakenfrüchte	10	10	10	10	10	10	10	10
»	Larvenfrüchte	10	10	10	10	10	10	10	10
Nonnea flavescens:	Teilfrüchte	10	10	9	9	8	8	6	6

	Übriggeblieben											
19 25/4 02	10,7 Vm.	10,8	10,9	10,12	10,13	10,14	10,20	11,58	3,30	6,58	26/1	10,30 Vm.
	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0		0
	10	10	10	10	10	10	10	9	9	8		8
	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9		8
	10	10	10	10	10	10	10	9	6	6		5
	5	3	1	1	1	0	0	0	0	0		0

Exp. 3. *Borrago laxiflora.* H. B. Monsp. $19^{3}/_{5}02$. *Calendula arvensis.* Montpellier, Ackerrand. $19^{3}/_{5}02$. *Symphytum bulbosum.* La Valette, Wald. $19^{1}/_{5}02$.
Lasius niger II.
Sonnig, windig, ziemlich frisch.

	Übriggeblieben						
$19^{3}/_{5}02$	8,47 Vm.	8,48	8,50	8,51	8,53	9,0	9,1
Borrago laxiflora: Teilfrüchte	10	10	9	8	8	8	8
Calendula arvensis: Larvenfrüchte	10	10	10	10	10	10	10
Symphytum bulbosum: Unpräparierte Teilfrüchte	10	10	10	10	10	10	10
» » Teilfrüchte mit entfernter Pseudostrophiole	10	10	10	10	10	10	10
» » Pseudostrophiolen	10	9	9	8	7	6	5

	Übriggeblieben																						
$19^{3}/_{5}02$	9,2 Vm.	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9	9,10	9,11	9,12	9,13	9,14	9,16	9,19	9,27	9,47	10,23	10,46	10,53	11,30	2,18	2,19	6,40
	8	8	8	8	8	6	6	4	3	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	8
	10	10	10	9	6	5	4	4	4	3	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	8	7	6	5	5	3	2	2
	3	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Borrago officinalis.

Im H. B. Monsp. wurde $19^{24}/_{5}02$ eine *Aphaenogaster barbara* gefangen, die eine der grossen, mit ausserordentlich schönem Elaiosom ausgerüsteten Früchte trug.

Experimente.

Exp. 1. *Borrago officinalis* und *Dimorphotheca pluvialis.* H. B. U. $19^{19}/_{9}05$.
Formica rufa-pratensis I.
Heiss, sonnig.

	Übriggeblieben																		
$19^{19}/_{9}05$	11,41 Vm	11,48	11,49	11,51	11,52	11,55	11,56	11,57	11,58	12,1	12,4	12,9	12,12	12,22	1,18	2,18	3,43	5,11
Borrago officinalis: Teilfrüchte	10	9	7	6	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dimorphotheca pluvialis: Larvenfrüchte	10	10	10	10	10	10	10	10	9	8[1]	7	7	6	6	3	3	2	1	
Dimorphotheca pluvialis: Flügelfrüchte	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	8	8	7	6	6	3	0	

[1] Wurde in eine ganz dicht neben dem Depot liegende Eingangsöffnung transportiert, jedoch sofort wieder hinausgebracht und neben dem Eingang hingelegt, von wo eine Ameise sie um 12,8 Uhr Nm. wegtrug.

Caryolopha sempervivens.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 5 unter *Reseda Phyteuma.*

Myosotis sparsiflora.

Die Verbreitungseinheiten der Gattung *Myosotis* sind, wie später ausführlicher wird geschildert werden, innerhalb der verschiedenen Artengruppen recht wesentlich verschieden. Unter diesen findet sich eine, durch *M. sparsiflora* als Typus repräsentiert, die ich Gelegenheit hatte zu studieren, nämlich mit bei der Samenverbreitung offenem, auswärts-abwärtsgerichtetem Fruchtkelch und mit Teilfrüchten, die mit einer ölführenden Pseudostrophiole versehen sind. Diese Teilfrüchte sind auch nach dem Zeugnis der folgenden Experimente myrmekochor, wenn auch nicht in so hohem Grade, wie der zu dem *Galactites*-Typus gehörige *Carduus Kerneri*, dessen Früchte in den 3 ersten Experimenten gleichzeitig benutzt wurden.

Experimente.

Exp. 1. *Carduus Kerneri.* H. Berg. $19^{3}/_{8}02$. *Myosotis sparsiflora.* H. B. U. $19^{2}/_{8}02$.

Formica exsecta I.

Bewölkt, kühles Wetter.

	Übriggeblieben																				
$19^{7}/_{8}02$	12,21 Nm.	12,22	12.25	12,39	1,5	1,14	1,22	1,35	1,38	1,39	1,40	1,50	1,54	2,8	2,30	2,54	3,22	4,16	4,26	4,59	8,39
Carduus Kerneri: Unpräparierte Früchte .	10	9	8	7	7	6	5	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Carduus Kerneri: Früchte mit entferntem Mamillon	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	8	6	6	5	5	5	5
Myosotis sparsiflora: Teilfrüchte	10	10	10	10	9	9	9	9	9	8	7	7	6	4	2	2	2	2	2	1	1

Exp. 2. *Carduus Kerneri* und *Myosotis sparsiflora.* Wie oben. *Myosotis arvensis.* Klockarhyttan, Gartenland. $19^{7}/_{8}02$.

Formica exsecta I.

Halbklar, ziemlich kühl.

	Übriggebliebenen																		
$19^{8}/_{8}02$	10,27 Vm.	10,28	10,33	10,40	10,56	11,12	11,21	11,22	11,23	11,24	11,32	11,33	11,44	11,50	11,56	12,7	12,43	1,8	8,5
Carduus Kerneri:																			
Früchte	10	9	9	9	8	8	7	6	5	3	2	2	1	1	1	0	0	0	0
Myosotis arvensis:																			
Teilfrüchte	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Myosotis sparsiflora:																			
Teilfrüchte	10	10	9	8	8	7	7	7	7	7	7	6	6	5	4	3	1	0	0

Exp. 3. *Carduus Kerneri* und *Myosotis sparsiflora.* Wie oben.
Formica rufa II.
Halbklar, ziemlich kühl.

	Übriggebliebenen																	
$19^{8}/_{8}02$	12,16 Nm.	12,17	12,20	12,21	12,22	12,23	12,24	12,26	12,27	12,28	12,29	12,30	12,31	12,35	12,36	12,38	12,40
Carduus Kerneri: Unpräparierte Früchte	10	9	9	9	8	7	7	6	4	2	2	0	0	0	0	0	0
Carduus Kerneri: Früchte mit entferntem Mamillon . . .	10	10	10	10	10	10	10	8	8	7	6	6	4	3	1	1	0
Myosotis sparsiflora: Teilfrüchte	10	10	9	8	8	7	6	4	4	3	3	3	2	2	2	0	0

Exp. 4. *Milium effusum.* Billingen, Laubwiese. $19^{13}/_{7}03$. *Myosotis arvensis.* Klockarhyttan. $19^{30}/_{7}03$. *Myosotis sparsiflora.* H. B. U. $19^{26}/_{7}03$.
Formica exsecta I.
Windig, bewölkt.

	Übriggebliebenen													
$19^{30}/_{7}03$	11,54 Vm.	11,59	12,4	12,5	12,9	12,28	12,30	12,45	12,53	2,20	3,3	5,16	6,41	7,54
Milium effusum: Verbreitungseinh.	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Myosotis arvensis: Teilfrüchte . .	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
» *sparsiflora:* » . .	10	9	9	8	7	7	6	6	5	5	3	3	2	2

Exp. 5. *Myosotis sparsiflora, Potentilla paradoxa* und *P. thuringiaca.* H. B. U. $19^{26}/_{7}03$.
Formica exsecta I.
Windig, sonnig.

	Übriggebliebenen											
$19^{7}/_{8}03$	11,30 Vm.	11,36	11,38	11,45	12,5	12,20	12,57	1,57	2,57	4,29	6,40	7,17
Myosotis sparsiflora: Teilfrüchte	10	9	8	8	7	6	6	4	4	4	4	4
Potentilla paradoxa: Früchte	10	10	10	10	10	10	7	7	7	6	4	4
» *thuringiaca:* »	10	10	10	10	10	10	0	9	9	9	9	9

Nonnea alba.

Im H. B. Monsp. habe ich eine *Formica fusca* mit einer Teilfrucht von *Nonnea alba* und eine *Aphaenogaster barbara* mit einer ebensolchen von *N. nigricans* ($19^{24}/_{5}02$) gesehen. Auf der Parzelle der letztgenannten Art beobachtete ich schon am 26. April *Pheidole pellucida* mühsam Teilfrüchte schleppen und am Eingange zu einem ihrer Baue eine Frucht mit abgenagter Pseudostrophiole. — Die Experimente, wie z. B. das Exp. 2 unter *N. alba* und Exp. 1 unter *N. lutea*, dürften die Natur derselben als Elaiosome beweisen.

Experimente.

Exp. 1. *Nonnea alba* und *Trichera silvestris*. H. Berg. $19^{17}/_{7}01$.
Formica rufa I.
Heiss, sonnig.

	Übriggeblieben														
$19^{18}/_{7}01$	4,8 Nm.	4,10	4,14	4,15	4,18	4,20	4,21	4,30	4,35	4,58	5,7	5,8	5,29	6,0	6,15	8,0
Nonnea alba: Teilfrüchte	10	9	7	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichera silvestris: Verbreitungseinheiten, unpräpariert	10	10	10	10	10	10	9	9	8	1	0	0	0	0	0	0
Trichera silvestris: Verbreitungseinheiten mit entferntem Basalwulst	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8	7	6	5	5	2

Exp. 2. *Centaurea ochroleuca* und *Nonnea alba*. H. Berg. $19^{24}/_{7}01$. *Scleranthus perennis*. Klockarhyttan, trockner Abhang. $19^{27}/_{7}01$.
Formica rufa II.
Heiss, Sonnenschein.

	Übriggeblieben							
$19^{27}/_{7}01$	12,5 Nm.	12,6	12,7	12,9	12,10	12,11	12,12	12,13
Centaurea ochroleuca: Früchte	10	9	8	7	6	6	6	6
Nonnea alba: Teilfrüchte, unpräpariert	10	8	6	5	3	2	0	0
» mit entfernter Pseudostrophiole	10	10	10	10	10	9	8	6
Scleranthus perennis: Verbreitungseinheiten	10	10	10	10	10	10	10	10

	Übriggeblieben												
$19^{27}/_{4}01$	12,14 Nm.	12,15	12,16	12,18	12,20	12,21	12,25	12,30	1,40	2,35	3,24	5,48	6,40
	6	5	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	4	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	10	10	10	9	9	9	9	9	7	5	1	0

Das Elaiosom an den *Centaurea*-Früchten schlecht ausgebildet.

Exp. 3. *Nonnea alba* und *Calendula arvensis*. H. B. Monsp. $19^{23}/_{4}02$. *Lasius niger* II.
Bewölkt, ziemlich frisch, strömender Regen nach 5,30 Uhr Nm.

		Übriggeblieben												
$19^{23}/_{4}02$		11,6 Vm.	11,8	11,9	11,10	11,14	11,16	11,18	11,20	11,27	11,32	12,2	2,9	2,30	6,50
Calendula arvensis:	Windfrüchte	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
»	Hakenfrüchte	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9
»	Larvenfrüchte	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	8
Nonnea alba:	Teilfrüchte	10	9	8	7	6	5	4	2	1	0	0	0	0	0

Nonnea flavescens.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 2 unter *Borrago laxiflora*.
Exp. 2. *Cerinthe major* und *Nonnea flavescens*. H. B. Monsp. $19^{26}/_{4}02$. *Lasius niger* II.
Ziemlich frisch, halbbewölkt, dann und wann Regenschauer.

		Übriggeblieben																		
$19^{26}/_{4}02$		10,33 Vm.	10,34	10,36	10,37	10,38	10,42	10,43	10,45	10,50	10,52	11,3	11,6	11,7	11,9	11,39	11,40	11,46	12,1	1,23
Cerinthe major:	Doppelteilfrüchte	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	8	7	6	5	5	4	3	3	0
Nonnea flavescens:	Teilfrüchte	10	9	8	5	4	4	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nonnea lutea.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 1 unter *Scilla amoena*.

Nonnea nigricans.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 2 unter *Ornithogalum nutans*.

Nonnea rosea.

Experimente.

Exp. 1. *Dimorphotheca pluvialis* und *Nonnea rosea*. H. B. U. $19^{22}/_{8}$ 01. *Formica rufa* II.

Kalt, im Anfang des Experiments Sprühregen, der um 11,46 Uhr in einen mehr strömenden Regen übergeht; ungefähr um 4 Uhr in diesem letzteren eine Pause.

		Übriggeblieben							
	$19^{27}/_{8}$ 01	10,34 Vm.	10,35	10,36	10,37	10,38	10,39	10,40	10,41
Dimorphotheca pluvialis: Flügelfrüchte		10	10	10	10	10	10	10	10
» » Larvenfrüchte		10	10	10	9	8	7	4	4
Nonnea rosea: Teilfrüchte, unpräpariert		10	5	5	4	3	3	2	2
» » » mit entf. Elaiosom		10	10	10	9	8	7	6	6

	Übriggeblieben														
$19^{27}/_{8}$ 01	10,42 Vm.	10,43	10,45	10,46	10,59	11,0	11,25	12,15	2,20	4,30	4,50	5,15	5,26	6,32	6,33	7,40
	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	4	3	3	3	3	3	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	6	6	5	5	5	5	5	4	4	2	2	1	1	0	0

Exp. 2. *Melampyrum pratense*. Klockarhyttan. $19^{28}/_{8}$ 01. *Nonnea rosea*. H. B. U. $19^{22}/_{8}$ 01.

Formica rufa II.

Windig, ziemlich warm.

	Übriggeblieben												
$19^{28}/_{8}$ 01	12,53 Nm.	12,54	12,55	12,56	12,57	12,58	12,59	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
Melampyrum pratense: Samen, unpräpariert	10	10	10	10	6	6	5	4	3	2	2	1	1	0
» » Samen, Samenschale und Anhang entfernt	10	9	8	7	6	5	5	4	4	4	4	3	1	0
Nonnea rosea: Teilfrüchte	10	5	5	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Oft trugen die Ameisen die *Melampyrum*-Samen von dem Ameisenhaufen weg, gingen dann aber nach einer Reihe von Umwegen in der Richtung auf denselben zu.

Pulmonaria mollissima.

Wie Ludwig zuerst beobachtet hat, ziehen die Ameisen die Früchte von *Pulmonaria officinalis* mit, und ich habe in meiner Spridningsbiologi S. 295 angenommen, dass es die ölreiche Pseudostrophiole sei, die als das hauptsächliche Lockmittel wirke. Wenn man (Exp. 1 unter *P. officinalis*) die Pseudostrophiole wegpräpariert oder mit Früchten experimentiert, an denen, wie das nicht selten vorkommt, dieselbe verkümmert ist (Exp. 2 und 3 unter *P. officinalis*), so erhält man Belege für die Richtigkeit dieser Annahme. Auch andere *Pulmonaria*-Arten mit bei der Samenverbreitung offenem, abwärtsgerichtetem Fruchtkelch besitzen eine als Elaiosom ausgebildete Pseudostrophiole und sind auch, wie Exp. 1 unter *P. mollissima* bestätigt, myrmekochor.

Experimente.

Exp. 1. *Medicago lupulina* und *Pulmonaria mollissima*. H. B. U. $19^{22}/_{7}03$.
Formica rufa-pratensis I.
Sonnig, sehr heiss.

		Übrig geblieben															
$19^{22}/_{7}03$	5,33 Nm.	5,38	5,39	5,41	5,42	5,43	5,45	5,46	5,47	5,49	5,52	5,54	6,0	6,1	6,6	6,15	6,30	6,44
Medicago lupulina: Früchte . . .	10	10	10	10	10	10	10	9	8	8	7	7	7	6	6	1	1	0
Pulmonaria mollissima: Teilfrüchte	10	9	8	7	6	5	4	3	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0

Pulmonaria officinalis.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 4 unter *Primula acaulis*.
Exp. 2. Exp. 1 unter *Chionodoxa Luciliae*.
Exp. 3. Exp. 3 unter *Chionodoxa Luciliae*.

Symphytum bulbosum.

Die *Symphytum*-Arten besitzen Früchte mit grossen Pseudostrophiolen, die, wie die folgenden Experimente zeigen, als Elaiosome fungieren. Vor dem Eingang zu dem *Lasius niger*-Bau, dessen Bewohner am 4. Mai 1903 als Versuchsameisen zu Exp. 3 und 4 unter *S. bulbosum* im Botanischen Garten zu Palermo benutzt worden waren, traf ich unter dem Auswurfgut am 11. Mai eine Frucht mit abgenagtem Elaiosom an.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 3 unter *Borrago laxiflora*.
Exp. 2. Exp. 4 unter *Fumaria officinalis*,

Exp. 3. Exp. 4 unter *Parietaria lusitanica.*

Exp. 4. *Symphytum bulbosum.* H. B. Messina. $19^{2}/_{5}03$.

Lasius niger III.

Heiss, sonnig, schwach windig.

		Übriggeblieben										
$19^{4}/_{5}03$	2,6 Nm.	2,7	2,8	2,9	2,10	2,11	2,12	2,13	2,14	2,15	2,19	2,20
Symphytum bulbosum: Teilfrüchte, unpräpariert	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
» » » mit entfernt. Pseudostrophiole	10	10	10	8	5	5	3	2	2	1	1	0
Symphytum bulbosum: Pseudostrophiolen	10	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Symphytum officinale.

Experimente.

Exp. 1. *Carduus pycnocephalus.* Montpellier, Wegrand. $19^{1}/_{6}02$. *Geranium molle.* Ibidem. $19^{2}/_{6}02$. *Polygala monspeliaca.* La Valette, Garigue. $19^{1}/_{6}02$. *Symphytum officinale.* M. Ventoux. $19^{21}/_{5}02$.

Aphaenogaster barbara I.

Heiss, windstill, sonnig.

		Übriggeblieben							
$19^{2}/_{6}02$	4,13 Nm.	4,14	4,15	4,16	4,17	4,18	4,19	4,20	4,21
Carduus pycnocephalus: Früchte, unpräpariert	10	7	0	0	0	0	0	0	0
» » » m. entfernt Elaiosom	10	10	7	6	4	3	2	0	0
Geranium molle: Samen	10	8	3	3	2	1	1	1	0
Polygala monspeliaca: Samen	10	10	7	1	0	0	0	0	0
Symphytum officinale: Teilfrüchte	10	8	7	1	0	0	0	0	0

Exp. 2. *Centaurea dealbata* und *Symphytum officinale.* H. B. U. $19^{26}/_{7}03$.

Formica exsecta I.

Windig, bewölkt.

		Übriggeblieben														
$19^{30}/_{7}03$	10,20 Vm.	10,21	10,22	10,23	10,24	10,25	10,26	10,27	10,28	10,29	10,30	10,31	10,32	10,36	10,37	10,38
Centaurea dealbata: Früchte	10	10	9	6	5	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Symphytum officinale: Früchte, unpräp.	10	9	8	7	6	5	3	3	1	1	0	0	0	0	0	0
mit entfernter Pseudostrophiole	10	10	10	10	10	10	9	9	9	7	6	6	3	3	2	0

Exp. 3. *Symphytum officinale* und *Trichera orientalis*. H. B. U. $19^{26}/_{7}$ 03. *Vicia sepium*. Klockarhyttan, Haintälchen. $19^{31}/_{7}$ 03.
Formica rufa II.
Bewölkt, windig.

	Übriggeblieben																				
$19^{31}/_{7}$ 03	1 2 Nm.	1,3	1,4	1,5	1 6	1,7	1,8	1 9	1,10	1,11	1,12	1,13	1 19	1,20	1,32	2,12	3,10	4,55	5 28	7,57
Symphytum officinale: Teilfrüchte	10	10	10	9	9	9	9	7	6	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichera orientalis: Verbreitungseinheiten mit entferntem Kelch	10	8	7	6	5	4	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vicia sepium: Samen	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	8	7	4	2	2	1

Symphytum tauricum.

Experimente.

Exp. 1. *Symphytum tauricum*. H. B. Monsp. $19^{17}/_{4}$ 02.
Lasius niger II.
Bewölkt, ziemlich warm.

	Übriggeblieben							
$19^{17}/_{4}$ 02	9,35 Vm.	9,36	9.37	9,38	9,39	9,40	9,41	9,42
Symphytum tauricum: Früchte, unpräpariert	10	10	8	8	8	7	3	3
mit entfernter Pseudostrophiole	10	10	10	10	10	10	10	9
Pseudostrophiolen	10	8	7	7	5	4	2	1

	Übriggeblieben																
$19^{17}/_{4}$ 02	9,43 Vm.	9,44	9,46	9,47	9,48	9,49	9,50	9,25	9,53	9,54	9,55	10,0	10,3	10,5	10,6	10 8	10.9
	3	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	8	8	8	8	8	7	7	6	6	5	5	3	2	1	1	0
	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Exp. 2. Exp. 1 unter *Fumaria spicata*.

Labiatae.

Ajuga Chamaepitys.

Die Teilfrüchte der Gattung *Ajuga* sind von einer Pseudostrophiole begleitet, deren Elaiosomnatur ich bei *A. pyramidalis* früh habe konstatieren können, weswegen auch der ganze Typus den Namen *Ajuga*-Typus erhielt. Die Stelle, an der das Elaiosom der Teilfrucht aufsitzt, ist verhältnismässig gross und etwas grubig, weshalb es auf eine Reihe technischer Schwierigkeiten stösst, bei der Entfernung des Elaiosoms

diese Stelle von Öl rein zu halten. Der geringe Unterschied der Anlockungskraft, den einige Experimente mit unpräparierten Teilfrüchten und zugleich solchen mit wegpräpariertem Elaiosom zeigen, beruht jedoch nicht allein hierauf, sondern hängt auch davon ab, dass das Exokarp selbst in seiner Epidermis Öl enthält. Wenn dieses wegpräpariert wird, erhält man auch Resultate, wie die in Exp. 2 unter *A. orientalis* und in Exp. 3 und 5 unter *A. pyramidalis*.

In der Natur habe ich mehrere Ameisenarten mit *Ajuga*-Teilfrüchten beobachtet. Was *Formica rufa* betrifft, so habe ich *A. pyramidalis*-Früchte als ihr Transportgut angezeichnet (Klockarhyttan $18^{21}/_{7}99$; SERN., Spridningsbiologi 236—237) und auf dem Kinnekulle $19^{19}/_{7}02$ Früchte gesehen, teils einzeln, teils 2 oder 3 zusammensitzend, die von ihr getragen wurden. Von *Myrmica laevinodis* habe ich einen Transport $19^{2}/_{7}00$ angezeichnet (Klockarhyttan, 2 Ameisen mit 4 zusammenhängenden Teilfrüchten oben in dem Fruchtstand einer *A. pyramidalis*; SERN., Spridningsbiologi 237) und einen von *Formica exsecta* (Klockarhyttan, 1 Frucht, Weg in Mischwald $19^{25}/_{7}02$).

Ajuga Iva-Früchte in Massen habe ich $19^{31}/_{5}02$ *Aphaenogaster barbara* tragen sehen; in 40 Minuten nicht weniger als 23 Stück (Ameisenstrasse in *Quercus Ilex*-Garigue, La Valette).

Experimente.

Exp. 1. *Ajuga Chamaepitys*. Montpellier, Mauer. $19^{27}/_{5}05$. *Galeobdolon luteum*. H. B. Monsp. $19^{28}/_{5}03$.

Aphaenogaster structor I.

Abwechelnd bewölkt und Sonnenschein, ziemlich warm.

		Übriggeblieben					
	$19^{28}/_{5}02$	1,16 Nm.	1.17	1.18	1,19	1 20	1,23
Ajuga Chamaepitys: Früchte		10	10	9	8	6	6
Galeobdolon luteum: Teilfrüchte, unpräpariert		10	9	7	7	7	5
» » : » mit entfernter Pseudostrophiole		10	10	10	9	9	9

	Übriggeblieben																		
$19^{28}/_{5}02$	1,25	1,30	1,31	1,32	1,33	1,34	1,36	1,37	1,38	1,39	1,40	1,45	1,46	1,48	1,49	1,50	1,52	1,53	2.17
	6	6	5	3	3	3	3	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
	4	4	4	4	3	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	9	9	9	9	9	8	8	8	8	8	7	6	5	5	3	2	1	0

Exp. 2. Exp. 2 unter *Reseda Phyteuma*.

Exp. 3. Exp. 3 unter *Corydalis capnoides*.

Exp. 4. *Ajuga Chamaepitys* und *Carduus pycnocephalus*. Montpellier. $19^{8}/_{6}02$. *Lasius niger* II.

Windig, warm, sonnig.

		Übriggeblieben					
	$19^{8}/_{6}02$	5,20 Nm.	5,21	5,22	5,23	5,24	5,25
Ajuga Chamaepitys: Früchte		10	10	10	8	8	8
Carduus pycnocephalus: Früchte, unpräpariert		10	8	8	8	7	7
» » : » mit entferntem Mamillon		10	9	8	7	7	7

	Übriggeblieben																										
$19^{8}/_{6}02$	5,26	5,28	5,29	5,30	5,31	5,32	5,35	5,38	5,40	5,42	5,46	5,49	5,50	5,55	6,18	6,19	6,40	6,42	6,57	6,58	7,5	$^{9}/_{6}$	7,40 Vm.				
	8	8	8	8	8	8	8	7	6	6	6	5	4	3	3	2	2	1	1	0	0		0				
	6	6	5	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		0				
	7	7	7	6	6	6	6	6	6	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		0				

Ajuga Iva.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 1 unter *Triteleia uniflora.*
Exp. 2. Exp. 2 unter *Triteleia uniflora.*
Exp. 3. Exp. 2 unter *Corydalis capnoides.*

Ajuga orientalis.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 1 unter *Lachenalia tricolor.*

Exp. 2. *Ajuga orientalis.* H. B. Pan. $19^{16}/_{5}03$. *Melica major.* Monte Pellegrino, Felswand. $19^{15}/_{5}03$.

Lasius niger II.

Heiss, sonnig, schwach windig.

		Übriggeblieben							
	$19^{16}/_{5}03$	1,54 Nm.	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59	2,0	2,2
Ajuga orientalis: Teilfrüchte, unpräpariert		10	8	5	3	2	2	1	0
» : » Pseudostrophiole und Exokarp entfernt		10	8	8	7	7	7	7	7
Melica major: Myrmekochore Verbreitungseinheiten		10	7	6	6	6	6	6	6
» » : » » mit entferntem Elaiosom		10	10	10	10	10	10	10	10
» » : Früchte aus anemochoren Verbreitungseinheiten		10	10	9	9	9	8	8	8

	Übriggeblieben									
$19^{16}/_{5}03$	2,9Nm.	2,11	2,15	2,22	2,23	2,28	2,50	3,5	4,10	4,17	7,18
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	6	6	6	6	6	6	5	4	4	2
	5	5	4	3	2	1	1	1	1	1	0
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7

Ajuga pyramidalis.

Experimente.

Exp. 1 (SERN., Spridningsbiologi 250).

Ajuga pyramidalis. Uppland, Kirchspiel Danmark. $19^{18}/_{7}00$. *Melica nutans* und *Galium Aparine.* Uppsala. $19^{18}/_{7}00$.

Formica rufa-pratensis I.

Heiss, sonnig.

		Übriggeblieben					
	$19^{19}/_{7}00$	12,17 Nm.	12,20	12,21	12,23	12,24	12,59
Ajuga pyramidalis: Teilfrüchte, unpräpariert		10	10	9	7	6	5
» » » mit entfernter Pseudostrophiole		10	10	9	9	9	8
Galium Aparine: Teilfrüchte		10	10	10	10	10	10
Melica nutans: Myrmekochore Verbreitungseinheiten		10	8	7	6	5	4

	Übriggeblieben											
1,0Nm.	1,3	1,4	1,6	1,9	1,12	1,28	1,29	1,30	1,32	1,35	1,38	1,40
4	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0
6	5	5	4	2	1	1	0	0	0	0	0	0
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9
4	4	4	3	3	3	3	2	1	0	0	0	0

Exp. 2. *Ajuga pyramidalis.* Nerike, Lerbäck, Guldsmedstorp, Birkenhain $19^{25}/_{7}02$. *Melica nutans.* Klockarhyttan, Mischwald. $19^{26}/_{7}02$.

Formica exsecta I.

Heiss, sonnig, windig.

	Übriggeblieben					
$19^{26}/_{7}02$	9,39 Vm.	9,40	9,43	9,44	9,45	9,47
Ajuga pyramidalis: Teilfrüchte, unpräpariert	10	9	7	7	6	6
» » » mit entfernter Pseudostrophiole .	10	10	10	9	8	7
Melica nutans: Myrmekochore Verbreitungseinheiten	10	10	10	10	10	10
» : » » mit entferntem Elaiosom	10	10	10	10	10	10
: Anemochore Verbreitungseinheiten	10	10	10	10	10	10

	Übriggeblieben																								
$19^{26}/_{7}02$	9,48 Vm.	9,49	9,50	9,52	9,55	9,58	9,59	10,0	10,2	10,3	10,9	10,17	10,28	10,29	10,36	10,50	11,25	12,5	12,50	1,30	3,33	5,44	7,9	8,1	9,1
	5	5	2	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	5	5	3	3	3	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	10	10	10	10	9	8	8	8	8	7	7	7	6	5	4	4	2	2	0	0	0	0	0	0
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	8	8	8	7	7	7	
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	8	8	7	

Exp. 3. *Ajuga pyramidalis.* Klockarhyttan, Birkenhain. $19^{26}/_{7}02$.
Formica exsecta I.
Heiss, sonnig, windig.

	Übriggeblieben																								
$19^{26}/_{7}02$	12,8 Nm.	12,11	12,12	12,13	12,18	12,19	12,21	12,23	12,28	12,29	12,35	12,52	12,53	1,30	1,53	2,8	2,38	3,33	5,44	8,1	9,1				
Ajuga pyramidalis: Teilfrüchte, unpräpariert	10	9	8	7	6	6	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Ajuga pyramidalis: Teilfrüchte, Pseudostr. u. Exokarp. entfernt	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	8	7	7	6	4	4	2	2	1				

Exp. 4. *Ajuga pyramidalis.* Nerike, Lerbäck, Nadelwaldsaum. $19^{12}/_{8}02$. *Polygala vulgaris.* Klockarhyttan, Rasen. $19^{13}/_{8}02$.
Formica exsecta I.
Sonnig, ziemlich kühl.

	Übriggeblieben							
$19^{13}/_{8}02$	10,41 Vm.	10,42	10,43	10,44	10,45	10,46	10,47	10,48
Ajuga pyramidalis: Teilfrüchte	10	9	9	7	7	6	3	3
Polygala vulgaris: Samen, unpräpariert	10	10	8	8	8	8	8	7
» » » mit entferntem Basalanhang	10	10	10	10	9	9	9	9

	Übriggeblieben												
$19^{13}/_{8}02$	10,49 Vm.	10,50	10,51	10,52	10,53	10,54	10,55	10,56	11,23	11,31	11,54	12,8	12,34	12,43
	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	5	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	7	7	6	6	5	5	4	4	2	2	1	1	0

Exp. 5. Exp. 3 unter *Allium ursinum.*

Ajuga reptans.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 2 unter *Corydalis capnoides.*

Exp. 2. Exp. 4 unter *Reseda Phyteuma.*

Exp. 3. *Ajuga reptans* und *Euphorbia dulcis.* Heidelberg, Eichenmischwald. $19^{19}/_{6}02$.

Formica exsecta I.

Sehr heiss, sonnig.

	Übriggeblieben															
$19^{27}/_{6}02$	10,20 Vm.	10,40	10,46	10,48	11,22	11,50	12,50	1,7	1,26	2,1	2,47	3,55	7,18	8,44	$^{28}/_{6}$	9,12 Vm.
Ajuga reptans: Teilfrüchte .	10	9	8	8	8	7	2	1	0	0	0	0	0	0		0
Euphorbia dulcis: Samen, unpräpariert	10	10	10	9	9	9	4	4	4	3	3	2	2	1		0
Euphorbia dulcis: Samen, mit entferntem Anhang .	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	8		3

Galeobdolon luteum.

In meiner Spridningsbiologi 296 wies ich auf die Möglichkeit hin, dass *Galeobdolon luteum*, bei welcher ARESCHOUG eine grosse, fleischige Pseudostrophiole nachgewiesen hatte und deren Auftreten in der Natur an mehrere myrmekochore Synzoen erinnert, selbst eine sein könnte. Die Experimente, die ich später Gelegenheit hatte anzustellen, haben diese meine Vermutung bestätigt.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 1 unter *Allium triquetrum.*

Exp. 2. *Calendula arvensis* und *Geranium molle.* Montpellier $19^{27}/_{5}02$. *Galeobdolon luteum.* H. B. Monsp. $19^{27}/_{5}02$.

Lasius niger II.

Sehr heiss, sonnig, schwach windig.

	Übriggeblieben										
$19^{27}/_{6}02$	10,30 Vm.	10,31	10,32	10,33	10,34	10,37	10,43	10,53	10,57	2,31	7,14
Calendula arvensis: Larvenfrüchte . . .	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8
Galeobdolon luteum: Teilfrüchte	10	8	6	5[1])	4	3	2	1[1])	0[1])	0	0
Geranium molle: Samen	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Exp. 3. Exp. 1 unter *Ajuga Chamaepitys.*

Exp. 4. *Euphorbia Lathyris.* H. B. Monsp. $19^{13}/_{6}02$. *Galeobdolon luteum.* Heidelberg, Eichenmischwald. $19^{19}/_{6}02$.

Formica rufa II.

Sehr heiss, sonnig.

	Übriggeblieben									
$19^{27}/_{6}02$	11,58 Vm.	12,0	12,1	12,2	12,3	12,6	12,8	12,10	12,14	12,15
Euphorbia Lathyris: Samen, unpräpariert	10	10	10	10	10	10	10	9	8	7
» » : » mit entferntem Anhang .	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9
» » : Anhänge	10	9	8	8	8	7	7	7	7	7
Galeobdolon luteum: Teilfrüchte	10	10	10	8	7	7	6	6	6	6

	Übriggeblieben																						
$19^{27}/_{6}02$	12,22 Nm.	12,23	12,24	12,28	12,29	12,30	12,31	12,32	12,34	12,35	12,37	12,38	12,40	12,41	12,58	1,1	1,22	2,5	2,41	3,41	5,6	6,45	8,35
	6	5	4	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	4	3	1	1	0
	7	7	7	7	6	5	4	3	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	6	6	6	5	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0

Lamium album.

Die mit Elaiosom versehenen Früchte der *Lamium*-Arten werden teils im Fruchtkelch selbst, solange sie noch lose hier liegen, teils nachdem sie auf den Boden gefallen, von Ameisen, besonders kleineren Formen, aufgesucht. — Aus den Fruchtkelchen einer Staude von *L. album* (Uppsala $19^{16}/_{7}01$) habe ich *Lasius niger* die reifen Früchte ziehen sehen.

Da es auf Schwierigkeiten stösst, an den *L. album*-Früchten das Elaiosom zu entfernen, ohne dass ölige Wundflächen entstehen, beweisen die Experimente mit präparierten Früchten gegenüber denen mit unpräparierten an und für sich nur wenig.

Experimente.

Exp. 1 (Sern., Spridningsbiologi 271). *Lamium album.* Uppsala. $19^{18}/_{7}00$.

[1] Wurde von *Formica fusca* genommen.

Formica rufa VIII.
Ziemlich warm, halbklar.

	Übriggeblieben										
$19^{18}/_{7}\,00$	11,25 Vm.	11,26	11,30	11,31	11,35	11,37	11,40	11,45	11,49	12,18	12,43
Lamium album: Teilfrüchte	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1

Exp. 2. (SERN., Spridningsbiologi 257). *Calluna vulgaris*, *Festuca ovina*, *Lamium album* und *Melica nutans*. Uppsala. $19^{18}/_{7}\,00$.
Lasius niger I.
Ziemlich heiss, sonnig.

	Übriggeblieben							
$19^{18}/_{7}\,00$	1,45 Nm.	1,46	1,47	1,48	1,50	1,53	1,55	1,58
Calluna vulgaris: Verbreitungseinheiten (vorjährig)	10	10	10	10	10	10	10	10
Festuca ovina: Ährchen	10	10	10	10	10	10	10	10
Lamium album: Teilfrüchte, unpräpariert	10	10	8	8	5	5	4	2
» : » mit entfernter Pseudostrophiole	10	10	10	9	8	7	7	7
Melica nutans: Myrmekochore Verbreitungseinheiten	10	8	8	7	7	6	6	6

	Übriggeblieben																	
$19^{18}/_{7}\,00$	2,0 Nm.	2,1	2,3	2,4	2,8	2,9	2,10	2,11	2,23	2,40	2,58	2,59	3,0	3,2	3,10	3,11	3,12	3,25	3,55
	10	9	9	9	8	7	7	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	3
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	5	4	3	3	3
	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	6	6	6	5	5	5	5	5	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2
	5	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Die Verbreitungseinheiten von *Calluna* und *Festuca* wurden nur kurze Strecken transportiert.

Exp. 3 (SERN., Spridningsbiologi 270). Exp. 1 unter *Viola suavis*.

Exp. 4. Exp. 1 unter *Lathraea Squamaria*.

Exp. 5. *Helleborus purpurascens* und *Lamium album*. H. B. U. $19^{6}/_{7}\,01$.
Formica rufa-pratensis I.

	Übriggeblieben														
$19^{6}/_{7}\,01$	1,47 Nm.	1,49	1,50	1,51	1,52	1,54	1,55	1,57	1,58	1,59	2,0	2,1	2,2	2,3	2,8	2,11
Helleborus purpurascens: Samen	10	8	6	5	4	3	3	2	1	1	1	0	0	0	0	0
Lamium album: Teilfrüchte	10	10	10	10	10	8	7	7	7	6	5	5	3	2	1	0

Exp. 6. *Lamium album* und *L. amplexicaule*. Uppsala. $19^{13}/_{7}\,01$.
Formica rufa-pratensis I.
Drückend heiss, aber windig.

		Übriggeblieben						
	$19^{13}/_{7}01$	12,30 Nm.	12,31	12,35	12,36	12,37	12,38	12,39
Lamium album: Teilfrüchte, unpräpariert		10	9	9	8	8	8	7
» » : » mit entfernter Pseudostrophiole		10	10	9	9	9	8	7
» *amplexicaule:* Teilfrüchte		10	10	10	10	10	10	10

	Übriggeblieben													
$19^{13}/_{7}01$	12,41 Nm.	12,42	12,43	12,44	12,45	12,46	12,49	12,55	12,58	1,14	1,17	1,45	2,48	7,47
	7	7	6	5	5	5	4	3	3	2	1	0	0	0
	5	4	4	4	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	7	7	4

Lamium amplexicaule.

Im Laufe des April und Mai 1902 sah ich in Gärten und auf Äckern und Steinmauern in Montpellier *Aphaenogaster structor* und noch öfter *A. barbara* Teilfrüchte von *Lamium amplexicaule* einsammeln. Einmal (Steinmauer $19^{17}/_{4}02$) kam *A. structor* mit einer Teilfrucht von dem Stengel eines *L. amplexicaule* herabgekrochen. Auch im H. B. Pan. hatte ich $19^{17}/_{4}03$ Gelegenheit, einen solchen Transport zu konstatieren. — *Formica rufa-pratensis*, *F. exsecta* und *Lasius niger* scheinen sich indessen, nach den Experimenten zu urteilen, den Früchten dieser Art mit den relativ unbedeutenden Elaiosomen gegenüber, verglichen mit den in dieser Beziehung besser ausgerüsteten Früchten von *L. album* und *L. purpureum*, ziemlich gleichgültig zu verhalten.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 6 unter *Lamium album.*

Exp. 2. *Lamium amplexicaule*, *L. purpureum* und *Trichera arvensis.* Klockarhyttan. $19^{9}/_{8}01$.

Formica exsecta I.

Sehr heiss, sonnig.

		Übriggeblieben						
	$19^{9}/_{8}01$	11,36 Vm.	11,38	11,42	11,43	11,53	11,54	11,55
Lamium amplexicaule: Teilfrüchte		10	10	10	10	10	10	9
purpureum: Teilfrüchte, unpräpariert		10	9	8	8	7	7	7
: mit entfernter Pseudostrophiole		10	10	10	10	10	10	10
Trichera arvensis: Verbreitungseinheiten		10	10	10	9	9	7	7

	Übriggeblieben																				
$19^{9}/_{8}01$	11,57 Vm.	11,58	12,1	12,2	12,3	12,4	12,7	12,11	12,12	12,13	12,39	12,53	12,54	12,59	1,9	1,41	2,2	3,2	4,2	4,58	6,2	9,9
	9	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7	6	6	3	1	1	0	0
	7	7	7	6	6	5	5	5	4	3	3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	7	4
	6	6	5	4	3	3	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Exp. 3. *Centaurea Scabiosa*, *Lamium amplexicaule* und *L. purpureum*. Klockarhyttan. $19^{9}/_{8}01$.

Lasius niger V.

Sehr warm, sonnig.

	Übriggeblieben							
	4,9 Nm.	4,20	4,29	4,43	5,6	6,9	6,49	9,3
Centaurea Scabiosa: Früchte . . .	10	9	8	8	7	6	5	0
Lamium amplexicaule: Teilfrüchte	10	10	10	9	8	8	4	0
purpureum: »	10	10	10	8	1	0	0	0

Exp. 4. *Centaurea Jacea*. Nerike, Lerbäck, Åsbro. $19^{31}/_{8}01$. *Lamium amplexicaule*. Klockarhyttan. $19^{3}/_{9}01$.

Formica exsecta I.

Windig, kalt, sonnig.

	Übriggeblieben															
$19^{3}/_{9}01$	12,7 Nm.	12,17	12,48	1,9	1,30	1,43	2,51	3,4	3,48	4,36	4,46	6,30	$^{4}/_{9}$	5,55 Vm.	6,4 Nm.
Centaurea Jacea: Früchte	10	9	9	9	9	8	7	5	3	3	3	3		3	0
Lamium amplexicaule: Teilfrüchte	10	10	9	7	5	5	3	3	2	2	2	2		2	0

Lamium purpureum.

Bei Klockarhyttan habe ich im August 1901 und im August 1903 auf Gartenland einige Male Ameisen, meistens *Myrmica laevinodis*, mit Früchten von *L. purpureum* beobachtet. Im südlichen Frankreich (Dep. L'Hérault, Lattes, Grabenrand) sah ich bereits am 30. März 1902 einen *Lasius niger* mit einer Teilfrucht. — Die Experimente deuten ebenfalls auf ameisenanlockende Eigenschaften des Elaiosoms hin.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 2 unter *Lamium amplexicaule*.
Exp. 2. Exp. 3 unter *Lamium amplexicaule*.
Exp. 3. Exp. 2 unter *Anchusa arvensis*.

Lamium maculatum.

Von dieser Art, die ich für myrmekochor zu halten alle Veranlassung hatte, habe ich mehrere Jahre vergebens im H. B. U. und H. Berg. reife Früchte zu erhalten versucht. Bei der ersten Gelegenheit, da mir dies gelang — M. Ventoux in den Westalpen 1902 — erhielt ich auch ein Material, das meine Vermutung bestätigte. — Die Exp. 2 und 4 zeigen besonders schön die Bedeutung des Elaiosoms.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 2 unter *Viola hirta.*
Exp. 2. Exp. 3 unter *Viola hirta.*
Exp. 3. Exp. 6 unter *Hepatica triloba.*
Exp. 4. Exp. 4 unter *Viola hirta.*
Exp. 5. Exp. 2 unter *Allium triquetrum.*

Rosmarinus officinalis.

Wenn der Rosmarin im Mittelmeergebiet seine frühe Fruchtreife erreicht, beginnen sehr schnell die Teilfrüchte sukzessive aus dem weitgeöffneten Kelche herauszufallen. Oft löst sich auch dieser in seiner Gesamtheit ab, und bisweilen sitzen auch die Teilfrüchte paarweise zusammen. Nichts ist gewöhnlicher, als unter den Büschen Ameisen diese Verbreitungseinheiten einsammeln zu sehn.

Ein grosser Rosmarinstrauch im H. B. Monsp. begann 1902 seine Fruchtverbreitung am 30. April, und ich hatte damals Gelegenheit, Tag für Tag zu sehen, wie die Verbreitungseinheiten von Ameisen weggeschleppt wurden bis zum 26. Mai, wo die eigentliche Fruchtverbreitung nahezu abgeschlossen war. Um von der Menge der Ameisen, die an dieser Transportarbeit teilnahmen, einen Begriff zu geben, seien folgende Zahlen angeführt: am 30. April 2,27—3,33 Nm. 19 *Aphaenogaster structor* mit je einer Teilfrucht (ungefähr jede zweite Ameise in der Nähe des Strauches trug eine Frucht); am 2. Mai 2,47—2,52 Nm. 13 *Aphaenogaster barbara;* am 6. Mai 11,55 Vm.—12 Uhr Mittags 7 *Aphaenogaster barbara* und *Tetramorium caespitum.*

In den Pflanzenvereinen in der Umgebung von Montpellier hatte die Verbreitungszeit eine etwas grössere Dauer. Schon am 20. April sah ich in der Garigue bei La Mosson *Aphaenogaster barbara* mit Fruchtkelchen, die ausgebildete Teilfrüchte enthielten. Diese bissen sie oben in den Infloreszenzen ab, wobei weder die in der Postfloration noch sogar die in der Anthese begriffenen Blüten geschont wurden. Am 4. Mai ergriff ich in einem *Pinus halepensis*-Wald bei La Valette *Lasius niger* mit einer Frucht In einer *Quercus Ilex*-Garigue auf einem Fusspfade wurden am 1. Juni von 3,25—3,40. Uhr Nm. 7 *Aphaenogaster barbara* mit *Rosmarinus*-Teilfrüchten eingefangen. Der nächste Rosmarinstrauch lag in einer Entfernung von 45 Meter.

Zwischen Eygaliers und Pierrelongue im Departement La Drôme beobachtete ich $19^{22}/_{5}02$ auf einem gegen Süden geneigten und mit Kolonievegetation bewachsenen Hügelabhang vor dem Eingang eines Baues von *Lasius niger* Auswurfgut, das aus 114 *Rosmarinus*-Teilfrüchten mit abgenagtem Elaiosom bestand. Nahe daneben wuchs

ein Bestand von *Rosmarinus*, neben dem ich an demselben Tage in der Zeit von 11,39—11,54 Vm. 12 *Aphaenogaster barbara* mit Teilfrüchten und 2 *Aph. structor* mit je einem Früchte enthaltenden Kelch beobachtete.

Auf Sizilien beginnt natürlich die Fruchtverbreitung früher. Hier habe ich bereits am 15. April 1903 auf einem Fusspfade in Maquis am Fusse des Monte Pellegrino einen Transport von 2 Fruchtkelchen (mit 3 resp. 4 Teilfrüchten) und 3 Teilfrüchten in der Zeit von 4,3—4,13 Nm., endlich in der Zeit von 4,26—4,36 Nm. einen Transport von 2 Fruchtkelchen (mit 1 resp. 4 Teilfrüchten) angezeichnet. Transporteur: *Aphaenogaster barbara*.

Experimente.

Exp. 1. *Calendula arvensis.* Montpellier, Acker. $19^{2}/_{5}02$. *Carex Halleriana.* Montp., Colombière. $19^{30}/_{4}02$. *Rosmarinus officinalis.* La Valette, Garigue. $19^{1}/_{5}02$.
Lasius niger II.
Sonnenschein, windig.

		Übriggeblieben							
$19^{2}/_{5}02$	2,36 Nm.	2,49	2,51	2,52	2,58	3,4	3,10	3,12	3,14
Calendula arvensis: Larvenfrüchte	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Carex Halleriana: Verbreitungseinheiten	10	10	9	8	7	6	6	6	6
Rosmarinus officinalis: Teilfrüchte	10	9	9	9	9	9	8	7[1])	6

	Übriggeblieben													
$19^{2}/_{5}02$	3,15 Nm.	3,23	3,37	3,39	3,46	4,4	4,17	4,24	4,29	4,30	4,38	7,1	$^{3}/_{5}$	8,44 Vm.
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		10
	6	6	6	6	5	4	3	2	0	0	0	0		0
	5	4	3	2	2	2	2	2	2	1	0	0		0

Exp. 2. Exp. 1 unter *Ornithogalum nutans.*

Exp. 3. *Calendula officinalis* und *Rosmarinus officinalis.* La Favorita, Maquis. $19^{15}/_{4}03$.
Lasius niger III.
Warm, sonnig, etwas windig.

		Übriggeblieben						
$19^{16}/_{4}03$	9,43 Vm.	9,44	9,47	9,48	9,56	9,58	10,13	10,14
Calendula officinalis: Hakenfrüchte	10	10	10	10	10	10	10	10
Flügelfrüchte	10	10	10	10	10	10	9	9
Larvenfrüchte	10	10	10	10	10	10	10	9
Rosmarinus officinalis: Teilfrüchte	10	9	8	7	6	5	5	5

[1] Wurde in einer Minute von *Aphaenogaster barbara* bis an ein kleines 50 cm vom Depot entferntes Ameisenloch getragen, vor dem 14 *Veronica hederaefolia*-Samen mit abgenagtem Elaiosom lagen.

	Übriggebliebene																		
$19^{16}/_{1}03$	10,26 Vm.	10,34	10,36	10,39	10,47	10,55	11,20	11,47	11,49	12,15	2,4	2,22	3,50	4,10	5,17	6,21	7,0	$17/_{1}$	9,8 Vm.
	10	10	10	9	8	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6		5
	9	9	9	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		8
	9	9	9	9	9	9	9	8	8	8	6	6	5	5	4	4	4		4
	4	3	2	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0

Die *Calendula*-Früchte wurden nur unbedeutende Strecken transportiert. Die Ameise, die die erste Larvenfrucht ergriff, brauchte 4,5 Minuten, um sie bis zu einer 45 cm vom Depot entfernten Eingangsöffnung eines Ameisenbaus zu schleppen, aus dem sie um 12,15 Nm. hinausgeworfen worden war. Die beiden ersten Haken- und Flügelfrüchte wurden ungefähr 10 cm vom Depot weggeschleppt und blieben dann ungestört liegen. Die zweite Hakenfrucht wurde in eine ca. 6 cm entfernte Eingangsöffnung heruntergezogen, die dritte bis zu einer 12 cm entfernten, die vierte ca. 13 cm weit den Pfad entlang geschleppt. Die letzte Larvenfrucht, die genommen wurde, blieb ca. 20 cm weit vom Depot liegen.

Der Aremonia-Typus.

Rosaceae.

Aremonia agrimonoides.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 1 unter *Potentilla alba*.
Exp. 2. Exp. 2 unter *Potentilla alba*.
Exp. 3. Exp. 3 unter *Ornithogalum nutans*.
Exp. 4. *Aremonia agrimonoides*. H. B. Amsterdam. $19^{19}/_{6}03$.
Lasius fuliginosus III.
Heiss, sonnig.

	Übriggeblieben					
$19^{26}/_{6}03$	10,15 Vm.	10,20	10,40	10,58	11,15	11,22
Aremonia agrimonoides: Früchte, unpräpariert	10	10	9	9	9	9
» mit entferntem Elaiosom .	10	10	10	10	10	10
» Elaiosome	10	10	9	6	5	4

	Übriggeblieben										
$19^{26}/_{6}03$	11,40 Vm.	12,35	1,9	1,51	2,16	3,26	5,7	5,56	9,36	$^{27}/_{6}$	8,25 Vm.
	9	8	7	7	6	6	5[1])	4	4		1
	10	10	10	10	10	10	10	10	10		9
	3	2	1	1	1	1	1	1	1		1

Santalaceae.

Thesium alpinum.

Dank einer schönen Beobachtung von cand. phil. TORSTEN LAGERBERG habe ich die Anzahl meiner Myrmekochoren mit dieser Pflanze bereichern können, deren Fruchtverbreitung ich selbst niemals Gelegenheit gehabt habe, in der Natur zu

[1] Wurde ungefähr 70 cm vom Depot von einer anderen Ameisenart, *Myrmica ruginodis*, verschleppt angetroffen.

studieren. Wie Herr LAGERBERG mir freundlichst mitgeteilt hat, fand er in der Umgegend von Eksjö, Småland auf einer Kräuterflur mit *Thesium alpinum* im Spätsommer 1904 eine kleine Ameise, wahrscheinlich *Lasius niger*, die Früchte dieser Pflanze tragen. Er bemerkte auch, dass die Früchte mit einem Anhang versehen waren, der wahrscheinlich als Anlockungsmittel fungierte, eine Annahme, die die folgenden Experimente mit von ihm eingesammelten Material auch bestätigen. Das eigentliche Elaiosom geht jedoch in das Exokarp der Steinfrucht über, weshalb auch dieses in Exp. 1 entfernt wurde.

Experimente.

Exp. 1. *Cirsium acaule* und *Melilotus officinalis*. Hort. Berg. $19^{29}/_{7}05$. *Thesium alpinum*. Eksjö $19^{26}/_{7}05$. Leg. T. LAGERBERG.

Formica rufa III.

Während der ersten Stunde kühl und bewölkt, der Boden durchnässt, dann Sonnenschein.

	Übriggeblieben					
$19^{31}/_{7}05$	10,39 Vm.	10,40	10,41	10,42	10,43	10,44
Cirsium acaule: Früchte	10	10	10	10	10	10
Melilotus officinalis: Früchte	10	10	10	10	10	10
Thesium alpinum: Früchte, unpräpariert	10	7	5	4	3	3
Fruchtsteine	10	10	10	10	10	10

	Übriggeblieben											
$19^{31}/_{7}05$	10,45 Vm	10,49	10,50	10,51	11,10	11,11	11,35	1,23	2,7	2,34	4,3	6,4
	9	9	9	9	9	9	9	1	1	1	0	0
	10	10	10	10	10	10	10	8	8	7	3	1
	3	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	10	10	10	9	9	9	9	2	1	1	0	0

Exp. 2. *Cirsium acaule* und *Thesium alpinum*. Wie oben. *Primula elatior*. H. Berg. $19^{29}/_{7}05$.

Formica rufa III.

Sonnig.

	Übriggeblieben																			
$19^{31}/_{7}05$	6,6 Nm.	6,9	6 10	6,30	6,31	6,37	6,40	6,41	6,42	6,43	6,49	6,54	7,5	7,14	7,25	7,55	8,8	8,56	1/8	9,25 Vm
Cirsium acaule: Früchte	10	10	10	10	10	9	8	8	7	7	6	6	6	5	5	5	5	2		0
Primula elatior: Samen	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	6		2
Thesium alpinum: Früchte	10	10	9	8	8	7	7	6	6	6	5	5	4	4	3	3	2	1		0

Exp. 3. *Helleborus foetidus* und *Melilotus officinalis*. H. Berg. $19^{29}/_{7}05$. *Thesium alpinum*. Wie oben.

Formica rufa III.

Sonnig, windig.

	Übriggeblieben																
$19^{1}/_{8}05$	10,20 Vm.	12,22	12,23	12,24	12,25	12,26	12,27	12,28	12,29	12,35	12,37	12,40	1,44	2,25	2,26	2,58	6,15
Helleborus foetidus: Samen .	10	9	7	6	5	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Melilotus officinalis: Früchte	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	6
Thesium alpinum: »	10	10	10	10	10	9	9	9	9	8	7	7	3	3	3	1	0

Der Carex digitata-Typus.

Zu diesem Typus gehören verschiedene in Wäldern oder auf trockenen und frischen Wiesen wachsende *Carices heterostachyeae* mit behaarten Utriculi. Beim Wegschneiden des Elaiosoms von dem übrigen, die Frucht umschliessenden Teil des Utriculus stösst man auf dieselben Schwierigkeiten, ölfreie Wundflächen zu erhalten, wie z. B. bei gewissen Früchten von dem *Hepatica*-Typus.

Cyperaceae.

Carex digitata.

Die Fruchtverbreitung ist in einem sehr kurzen Zeitraum abgeschlossen, gewöhnlich in ein paar Wochen um Johannis. Im Jahre 1900 wurden in einem dichten, im mittleren Alter stehenden Fichtenwald, Kungsparken, Uppsala, am 6. Juli zwischen 8,16—8,24 Nm. auf einer *Formica rufa*-Strasse 9 Ameisen mit je einer *Carex digatata*-Verbreitungseinheit ergriffen. Bei dem *Lasius fuliginosus*-Staat in demselben Park, von dem ich S. 27 Transporte von *Luzula pilosa*-Samen notiert habe, verzeichnete ich im Jahre 1901 den ersten Transport von *Carex digitata*-Früchten am 21. Juni, konnte am 2. Juli konstatieren, dass der Transport noch weiter betrieben wurde, am 5. Juli aber, dass er aufgehört hatte und die Fruchtstände in der Nachbarschaft leer standen. Im Jahre 1905 hatte ich Gelegenheit, in dem Mischwald bei Lenna, wo die Experimente mit *Formica rufa* III gemacht wurden, festzustellen, dass diese Ameisenart am 15. Juni begann, die Früchte umherzutragen, und dass nach dem 28. der Transport aufhörte, ferner dass nunmehr in den Fruchtständen nur noch spärlich Verbreitungseinheiten, oft mit missgebildetem Elaiosom, vorhanden waren. — Vor *Formica rufa*-Bauen findet man bisweilen Anhäufungen von *Carex digitata*-Exemplaren (z. B.: Fichtenwald bei Skyttorp, Uppland. $19\,^{4}/_{7}\,01$).

Experimente.

Exp. 1. Exp. 1 unter *Lathraea Squamaria.*
Exp. 2. Exp. 3 unter *Scilla sibirica.*
Exp. 3. Exp. 2 unter *Waldsteinia geoides.*

Exp. 4. *Carex digitata.* Uppland, Lenna, Laubwiese. $19^{27}/_{6}05$. *C. pediformis.* H. B. U. $19^{27}/_{6}05$. *C. stricta.* Uppland, Ufer des Lötsjön. $19^{28}/_{6}05$.
Formica rufa III.
Heiss, halbklar, mit einigen Regentropfen.

	Übriggeblieben																			
$19^{28}/_{6}05$	12,29 Nm.	12,30	12,31	12,32	12,33	12,34	12,35	12,36	12,38	12,39	12,41	12,42	12,43	12,47	12,48	12,50	12,59	1,10	5,46	6,44
Carex digitata: Verbreitungseinheiten	10	9	9	7	6	6	5	4	4	3	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0
» *pediformis:* »	10	7	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stricta: »	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8	7	6

Carex ericetorum.

Auf trockenem, nach SO abfallenden Wiesenabhang bei Klockarhyttan sah ich $19^{8}/_{7}02$ einen *Lasius niger* mit einer Verbreitungseinheit. Im folgenden Jahre am 1. Juli wurden an demselben Lokal vor Eingangsöffnungen von Ameisenbauen unter dem Auswurfgut *C. ericetorum-* und *praecox*-Verbreitungseinheiten mit angefressenem Utriculus und Einwohner des Baues, *Lasius niger,* nun auch mit dem Auswerfen derselben beschäftigt gesehen.

Experimente.

Exp. 1. *Carex ericetorum.* Klockarhyttan, Wiesenabhang. $19^{6}/_{7}02$. *C. montana.* Klockarhyttan, Mischwald. $19^{5}/_{7}02$.
Formica rufa II.
Halbbewölkt, ziemlich frisch.

	Übriggeblieben							
$19^{6}/_{7}02$	10,45 Vm.	10,46	10,47	10,48	10,49	10,50	10,51	10,52
Carex ericetorum: Verbreitungseinheiten	10	10	10	9	6	5	5	5
» *montana:* » unpräpariert . . .	10	9	9	9	7	7	7	7
» » mit entferntem Basalelaiosom	10	10	9	7	6	6	5	5

	Übriggeblieben																	
$19^{6}/_{7}02$	10,53 Vm.	10,54	10,55	10,57	10,58	10,59	11,0	11,1	11,6	11,8	11,12	11,13	11,17	11,19	11,24	11,27	11,28	11,52
	5	5	4	4	4	4	4	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1	0
	6	4	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	2	2	1	0	0

Exp. 2. *Carex ericetorum* und *C. praecox*. Klockarhyttan, Wiesenabhang. $19^{6}/_{7}$ 02.

Formica rufa II.

Halbbewölkt, ziemlich frisch.

	Übriggeblieben																		
$19^{6}/_{7}$ 02	12,8 Nm.	12,9	12,10	12,12	12,16	12,18	12,19	12,23	12,24	12,26	12.29	12,30	12,39	12,40	12,57	1,8	1,45	2,58	4,14
Carex ericetorum: Verbreitungseinheit.	10	10	8	8	7	7	7	7	6	5	3	2	1	0	0	0	0	0	0
» *praecox:* »	10	9	9	8	8	7	7	6	5	5	5	5	5	5	3	3	1	1	0

Exp. 3. *Carex ericetorum*, *C. praecox* und *Glechoma hederacea*. Klockarhyttan. $19^{15}/_{7}$ 02.

Formica exsecta I.

Ziemlich heiss, sonnig, windig (Regen am 16. Juli).

	Übriggeblieben										
$19^{15}/_{7}$ 02	4,57 Nm.	5,10	5,20	5,22	5,33	5,52	7,30	7,59	8,29	$^{16}/_{7}$	9,13 Vm.
Carex ericetorum: Verbreitungseinheiten	10	9	8	7	6	5	5	5	4		0
» *praecox:* »	10	10	10	10	9	9	9	8	8		1
Glechoma hederacea: Teilfrüchte	10	10	10	10	10	10	10	10	10		5

Carex Halleriana.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 3 unter *Veronica Cymbalaria*.

Exp. 2. Exp. 1 unter *Rosmarinus officinalis*.

Exp. 3. *Carex Halleriana*. La Valette, Garigue. $19^{4}/_{5}$ 02. *Cerinthe major*. H. B. Monsp. $19^{5}/_{5}$ 02.

Lasius niger II.

Sonnig, windig, ziemlich frisch.

	Übriggeblieben										
$19^{5}/_{5}$ 02	2,38 Nm.	2,45	2,47	2,48	2,54	3,5	3,15	3,16	3,21	3,29	3,41
Carex Halleriana: Verbreitungseinheiten, unpräpariert	10	10	9	9	9	9	9	9	9	8	7
» » » mit weggeschnittenem Elaiosom	10	9	9	8	6	6	6	5	5	5	5
Cerinthe major: Früchte, unpräpariert	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9
» » mit blossgeschabter Ansatzfläche . .	10	10	10	10	10	10	9	9	8	8	8

	Übriggeblieben																												
$19^{5}/_{5}02$	3,44 Nm.	3,54	3,59	4,3	4,7	4,12	4,14	4,15	4,22	4,24	4,25	4,26	4,27	4,30	4,31	4,36	4,37	4,41	4,42	4,45	4,46	4,49	5,0	5,4	5,10	$^{6}/_{5}$	10,54 Vm.
	6	6	5	5	5	5	5	5	4	4	3	2	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0		0
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	3	3	3	2	1	0	0	0	0	0		0
	9	9	9	9	8	7	6	5	5	5	5	5	5	5	4	4	3	3	3	3	3	2	1	1	1		0
	8	7	7	6	6	6	6	6	6	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2		0

Exp. 4. Exp. 6 unter *Hepatica triloba.*

Exp. 5. *Carex Halleriana.* M. Ventoux, Die Eichenregion. $19^{21}/_{5}02$.
Formica rufibarbis II.
Warm, sonnig, etwas windig.

	Übriggeblieben									
$19^{21}/_{5}02$	2,30 Nm.	2,31	2,32	2,34	2,52	2,57	3,18	3,30	3,38	3,55
Carex Halleriana: Verbreitungseinheiten	10	8	7	6	5	4	3	2	1	1

Carex Linkii.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 2 unter *Veronica Cymbalaria.*

Carex montana.

Die Fruchtverbreitung, nach welcher der zarte Stengel sofort abwelkt, vollzieht sich ungefähr in derselben Zeit wie bei *C. digitata* rasch. Die Fruchtbildung ist, wenigstens in Nerike und Uppland, in den meisten Jahren ziemlich schwach, und ich habe nur ein einziges Mal eine Ameise, *Formica rufa*, mit einer *C. montana*-Verbreitungseinheit gesehen (Klockarhyttan, Birkenhain. $19^{16}/_{6}01$). Die Experimente zeigen indessen eine Myrmekochorie, die grösser zu sein scheint, als bei den Verbreitungseinheiten von *C. ericetorum* und *C. praecox.* Es sind, wie später beschrieben wird, auch zwei Elaiosome vorhanden: ein proximales und ein distales.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 3 unter *Veronica hederaefolia.*

Exp. 2. *Carex montana.* Klockarhyttan, Birkenwald. $19^{1}/_{7}02$. *Euphorbia Characias.* Dép. L'Hérault, St. Martin des Londres, Garigue. $19^{13}/_{6}02$.
Formica exsecta I.
Bewölkt, Regenschauer, ziemlich frisch.

	Übriggeblieben						
19 1/7 02	10,6 Vm.	10,10	10,11	10,12	10,17	12,40	1,23
Carex montana: Verbreitungseinheiten	10	8	7	6	5	5	5
Euphorbia Characias: Samen, unpräpariert	10	10	10	10	10	10	7
» » » mit entferntem Anhang	10	10	10	10	10	10	10

	Übriggeblieben										
19 1/7 02	1,54 Nm.	3,10	4,7	4,37	5,10	6,11	7,37	8,26	9,41	2/7	8,34 Vm.
	5	5	3	3	3	2	2	2	2		1
	5	3	1	1	1	1	1	0	0		0
	10	10	10	9	9	9	9	8	8		7

Exp. 3. *Carex montana.* Klockarhyttan, Birkenwald. 19 1/7 02. *C. praecox.* Klockarhyttan, Wiesenabhang. 19 4/7 02.

Formica rufa II.

Sonnig, ziemlich warm.

	Übriggeblieben														
19 4/7 02	12,52 Nm.	12,53	12,54	12,55	12,56	12,58	12,59	1,5	1,9	1,13	1,20	1,25	1,39	2,9	2,45
Carex montana: Verbreitungseinheiten	10	9	7	5	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
» *praecox:* »	10	10	10	10	10	10	10	9	8	7	6	5	5	1	0

Exp. 4. Exp. 1 unter *Carex ericetorum.*

Carex ornithopoda.

In Jämtland, Ås, habe ich auf einer Wiese mit vielen *C. ornithopoda*, die sich jetzt im Anfang der Fruchtverbreitung befanden, am 1. Juli 1904 auf einer *Formica rufa*-Strasse 2,25—2,30 Nm. 4 Ameisen mit *C. ornithopoda*-Verbreitungseinheiten beobachtet. Dieselben sind mit einem deutlichen Elaiosom versehen, über dessen ameisenanlockende Eigenschaften ich jedoch keine Gelegenheit fand Experimente anzustelien.

Carex pediformis.

Auf derselben Wiese wuchs *C. pediformis*, deren Früchte jedoch nicht reif waren. Die Art trägt jährlich Früchte im H. B. U. Das Elaiosom ist in verschiedenen Jahren verschieden ausgebildet. Die Experimente 1 und 2 vom Jahre

1901 zeigen daher kaum Myrmekochorie, während die Experimente 3 und 4 vom Jahre 1905, wo die Fruchtverbreitung Ende Juni stattfand, unzweideutig darauf hinweisen.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 2 unter *Viola suavis.*

Exp. 2. *Anemone ranunculoides.* Alter Botan. Garten in Uppsala. $19^{23}/_{6}01$. *Carex pediformis.* H. B. U. $19^{23}/_{6}01$.

Lasius niger VI.

Drückend heiss, Sonnenschein.

	Übriggeblieben			
$19^{23}/_{6}01$	6,7 Nm.	7,45	$^{24}/_{6}$	11,30 Vm.
Anemone ranunculoides: Früchte	10	10		8
Carex pediformis: Verbreitungseinheiten, unpräpariert . . .	10	10		9
» » » m. entfernt. Elaiosom	10	10		7

Ameisen spärlich.

Exp. 3. Exp. 4 unter *Carex digitata.*

Exp. 4. *Anthoxanthum odoratum.* Lenna, Laubwiese. $19^{29}/_{6}05$. *Carex pediformis* H. B. U. $19^{27}/_{6}05$. *Carex stricta.* Lenna, Ufer des Sees Lötsjön. $19^{28}/_{6}05$.

Formica rufa III.

Heiss, sonnig.

	Übriggeblieben																
$19^{29}/_{6}05$	12,57 Nm.	12,58	12,59	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,23	1,24	1,28	2,25	2,47	7,1
Anthoxanthum odoratum:																	
Verbreitungseinheiten . .	10	10	9	9	9	9	9	9	8	7	7	7	6	6	3	3	0
Carex pediformis:																	
Verbreitungseinheiten . .	10	10	9	9	7	4	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Carex stricta:																	
Verbreitungseinheiten . .	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	8	7

Carex praecox.

Vergl. *C. ericetorum.*

Experimente.

Exp. 1. Exp. 2 unter *Corydalis nobilis.*

Exp. 2. Exp. 3 unter *Carex montana.*

Exp. 3. Exp. 2 unter *Carex ericetorum.*

Exp. 4. Exp. 3 unter *Carex ericetorum.*

Der Melica nutans-Typus.

Die Ährchen von *Melica major* und *M. nutans* zerfallen während der Samenverbreitung mit Ausnahme der sitzenbleibenden grossen Hüllspelzen in zwei verschiedenartige Verbreitungseinheiten. Die basale ist von dem bei Gräsern gewöhnlichen anemochoren Typus: die Deck- und Vorspelzen haben sich zu einem weiten Luftsack um die Frucht zusammengeschlossen. Die obere besteht aus einer auf gleiche Weise zusammengesetzten Verbreitungseinheit, an welcher jedoch die Spelze schmäler sind und intimer die Frucht umschliessen, ausserdem ist aber noch ein keulenförmiges Organ vorhanden, das durch die fehlgeschlagenen Spelze der Achse des darübersitzenden Teils der Infloreszenz und ihre Achsenglieder gebildet wird. Dieses Organ fungiert als Elaiosom, und die Experimente sowohl unter *M. major* als auch unter *M. nutans* zeigen klar ihre Bedeutung als solches.

An dem Ährchen von *Melica uniflora* wird nur eine Verbreitungseinheit ausgebildet und zwar von dem letzteren, myrmekochoren Typus. Bei *M. nutans* fallen oft die Ährchen in ihrer Gesamtheit ab und werden so von den Ameisen transportiert.

Gramineae.

Melica major.

Experimente.

Exp. 1. *Amberboa Lippii.* H. B. Panorm. $19^{13}/_{5}03$. *Melica major* und *Melilotus sulcata.* La Favorita. $19^{12}/_{5}03$.

Lasius niger III.

Sonnig, warm, etwas windig.

	Übriggeblieben					
$19^{13}/_{5}03$	2,22 Nm.	2,23	2,24	2,25	2,26	2,27
Amberboa Lippii: Früchte	10	8	5	3	2	2
Melica major: Myrmekochore Verbreitungseinheiten, unpräpariert	10	7	4	4	2	1
» » » » mit entferntem Elaiosom	10	8	7	7	7	7
» » Anemochore Verbreitungseinheiten	10	10	10	10	10	10
Melilotus sulcata: Früchte	10	9	8	8	8	8

	Übriggeblieben										
$19^{13}/_{5}03$	2,28 Nm.	2,29	2,30	2,32	2,33	2,38	2,39	2,41	2,57	4,13	6,23
	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	7	7	7	7	7	6	5	5	4	4
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7

Exp. 2. Exp. 3 unter *Nemophila insignis.*

Exp. 3. *Galactites tomentosa* und *Euphorbia Bivonae.* H. B. Pan. $19^{14}/_{5}03$. *Melica major.* La Favorita. $19^{12}/_{5}03$.

Lasius niger III.

Bewölkt, ziemlich warm, schwach windig.

	Übriggeblieben								
$19^{15}/_{5}03$	8,54 Vm.	8,55	8,56	8,57	8,58	8,59	9,0	9,1	9,2	9,3
Galactites tomentosa: Früchte, unpräpariert	10	5	3	3	2	1	0	0	0	0
» » mit entferntem Mamillon	10	10	9	8	8	8	8	8	8	7
Euphorbia Bivonae: Samen, unpräpariert	10	8	7	7	6	3	3	2	2	1
» » » mit entferntem Anhang	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Melica major: Früchte aus den anemochoren Verbreitungseinheiten	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

	Übriggeblieben																		
$19^{15}/_{5}03$	9,5 Vm.	9,6	9,9	9,11	9,12	9,13	9,20	9,22	9,27	9,38	9,44	9,48	9,51	9,57	9,58	10,4	10,11	12,18	12,32
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	5	4	4	2	1	1
	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	9	9	9	8	7	7	7	6	6	5	5	5	5	5	5	5	4	4
	10	10	10	9	9	9	9	8	8	8	8	7	6	6	5	5	5	4	4

Exp. 4. Exp. 2 unter *Ajuga orientalis.*

Melica nutans.

Wenn die myrmekochoren Verbreitungseinheiten zu Boden fallen, werden sie hier eifrig von den Ameisen aufgesucht, wie ich das während einer Reihe von Jahren durch Hunderte von Beobachtungen habe konstatieren können. In der nordischen Vegetation ist *Formica rufa* der wichtigste Verbreiter. Ausserdem aber habe ich beobachtet: *Formica rufa-pratensis*, *F. exsecta*, *F. exsecta-pressilabris* und *Myrmica laevinodis.*

Die Verbreitung beginnt in Nerike und Uppland im Juli oder nach warmen Vorsommern Ende Juni, wo *Luzula pilosa* und *Carex digitata* eben die ihrige abgeschlossen haben. Im Jahre 1899 (Sern., Spridningsbiologi 243) habe ich Transporte durch *Myrmica laevinodis* am 10. Juli (Klockarhyttan, Haintälchen) und durch *For-*

mica exsecta am 11. (Klockarhyttan, Mischwald), endlich 1900 durch *Formica rufa-pratensis* am 10. Juli (Uppland, Norbylund, Nadelwald) beobachtet. 1901 war am 18. Juli vermutlich seit mehreren Tagen die Verbreitung durch *Formica rufa* in vollem Gang (Skabbholmen). Der erste Transport durch *Formica exsecta* 1902 erfolgte am 15. Juli (Klockarhyttan, Mischwald); 1903 notierte ich bereits am 26. Juni eine *Formica rufa* (Lerbäck, Hålängen) mit einer *Melica*-Verbreitungseinheit. Im J. 1905 mit seinem warmen Vorsommer begann in Uppland, Lenna, die Verbreitung durch *Formica rufa* bereits am 24. Juni. Die Verbreitung dauerte an demselben Lokal ungefähr 6 Wochen lang und war abgeschlossen, als *Melampyrum pratense* die seinige begann.

In der Natur tragen die Ameisen auch die in ihrer Gesamtheit abgefallenen Ährchen fort, äusserst selten aber die anemochoren Verbreitungseinheiten, obwohl auch diese langsam von den Experimentdepots verschwinden. Um einen Begriff davon zu geben, wie begehrt die Verbreitungseinheiten, die ich myrmekochor genannt habe, gegenüber den anemochoren sind, teile ich aus meinen Beobachtungen über *Formica rufa* folgende Zahlen mit.

No.	Lokal und Datum.	Dauer der Beobachtungszeit.	Anzahl beobachteter Transporte.		
			Myrmekochore Verbreitungseinheiten.	Anemochore Verbreitungseinheiten.	Ganze Ährchen.
1	Skabbholmen, Haselhain $19^{18}/_{7}01$	9,45 Vm.—10,45 Vm.	23	0	1
2	» » »	11,3 » —11,18 »	3	0	1
3	» » »	11,30 » —11,35 »	1	0	0
4	» » »	12,20 Nm.—12,30 Nm.	3	0	0
5	» » »	1,9 » — 1,14 »	1	0	0
6	» » »	4,8 » — 4,21 »	6	0	0
7	» » »	4,30 » — 4,35 »	1	0	1
8	» » »	4,58 » — 5,8 »	6	0	0
9	» » »	5,30 » — 5,45 »	7	0	0
10	» » $19^{20}/_{7}01$	11,10 Vm.—12,10 Nm.	13	0	0
11	» » »	6,15 Nm.— 7,15 Nm.	6	0	1
12	» » $19^{22}/_{7}01$	———	11	0	2
13	Kinnekulle, Råbäck, Ameisenhaufen in Fichtenwald $19^{17}/_{7}02$	10,29 Vm.—10,44 Vm.	4	0	0
14	» » » $19^{20}/_{7}02$	2,12 Nm.— 2,42 Nm.	7	0	0
15	Kinnekulle, Ameisenstrasse in Moor nahe Laubwiese $19^{19}/_{7}02$	2,25 » — 2,55 »	44[1]	0	0
16	Uppland, Lenna, Mischwald *Formica rufa* III. $19^{24}/_{6}05$	11,26 Vm.—12,4 Nm.	3	0	0
17	» » $19^{28}/_{6}05$	12,29 Nm.—12,59 »	3	0	0
18	» » $19^{29}/_{6}05$	12,57 » — 1,27 »	4	0	0
19	» » $19^{1}/_{7}05$	12,37 » — 1,7 »	3	0	0
20	» » $19^{2}/_{7}05$	11,59 Vm.—12,17 »	2	0	0
21	» » $19^{6}/_{7}05$	12,26 Nm.—12,56 »	0[1]	0	0
22	» » $19^{8}/_{7}05$	1,36 » — 1,41 »	9	0	0
23	» » $19^{15}/_{7}05$	9,54 Vm. —10,55 Vm.	1	0	0

Also 167 (161+6) myrmekochore Verbreitungseinheiten auf 0 anemochore!

[1] Ausserdem 1 Elaiosom.

Experimente.

Exp. 1 (SERN., Spridningsbiologi 257). Exp. 2 unter *Lamium album.*
Exp. 2 (SERN., Spridningsbiologi 250). Exp. 1 unter *Ajuga pyramidalis.*
Exp. 3. Exp. 2 unter *Ajuga pyramidalis.*
Exp. 4. Exp. 2 unter *Iris ruthenica.*

Melica uniflora.

Von *Lasius fuliginosus* getragene Verbreitungseinheiten werden von LAGERHEIM (*Lasius fuliginosus*, S. 10) aus Borgholm auf Öland erwähnt. LAGERHEIMS Vermutung, dass der Anhang ameisenanlockend sei, wird durch Exp. 1 bestätigt.

Experimente.

Exp. 1. *Luzula maxima* und *Melica uniflora.* Heidelberg, Der Schlosswald. $19^{19}/_{6}02$. Die Verbreitungseinheiten der beiden Arten hatte ich etwas nachreifen lassen.

Formica exsecta I.

Sehr heiss, sonnig.

	Übrig geblieben					
$19^{28}/_{6}02$	10,5 Vm.	10,9	10,12	10.14	10,23	10,32
Luzula maxima: Samen	10	10	10	10	10	10
Melica uniflora: Verbreitungseinheiten, unpräpariert	10	10	10	10	9	8
» » mit entferntem Anhang	10	10	10	10	10	10
» » Anhänge	10	9	8	7	7	7

	Übrig geblieben																
$19^{28}/_{6}02$	10,42 Vm.	10,45	10,47	10,58	10,59	11,6	11.10	11,11	11,21	11,27	11,29	11,45	1,55	2,15	2,34	4,32	8,5
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9
	7	6	5	5	5	5	4	3	3	3	3	2	2	1	1	0	0
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	7	7	6	5	4	3	3	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0

Der Euphorbia-Typus.

Dieser Typus geht, wie das natürlich ist, ohne Grenze in den *Viola odorata*-Typus über. Da ich die explosive Kraft der Früchte der myrmekochoren *Chelidonium*- und *Corydalis*-Arten, die man bisweilen zu den Explosiven zu rechnen pflegt, für zu unbedeutend halte, um sie als eine aktive Verbreitungsanordnung zu betrachten, besteht der Kern meines *Euphorbia*-Typus aus den beiden Gattungen *Euphorbia* und *Mercurialis* unter den *Euphorbiaceen* und einer Menge *Viola*-Arten mit explosiven Früchten und einem deutlichen, wenn auch schwachen Elaiosom.

Portulacaceae.

Claytonia perfoliata.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 3 unter *Ornithogalum Kotschyanum*.

Exp. 2. *Claytonia perfoliata*. H. B. U. $19^{30}/_{6}05$. *Myosotis arvensis*. Lenna, Grasflur. $19^{2}/_{7}05$.

Formica rufa III.

Heiss, sonnig.

	Übriggeblieben					
$19^{2}/_{7}05$	11,59 Vm	12,17	12,42	1,0	2,21	5,15
Claytonia perfoliata: Samen	10	10	8	8	4	0
Myosotis arvensis: Teilfrüchte . . .	10	10	10	10	8	1

Exp. 3. Exp. 4 unter *Ornithogalum Kotschyanum*.

Euphorbiaceae.

Euphorbia Bivonae.

Unter den Pflanzen, von deren Samen KERNER (Pflanzenleben II 620) ohne Angabe näherer Details sagt, sie wirkten wegen ihrer Anhänge auf Ameisen, besonders *Tetramorium caespitum*, anlockend, erwähnt er »verschiedene Arten der Gattung *Euphorbia*». Diese Angabe ist richtig. Von den 10 europäischen Arten, die ich Gelegenheit hatte experimentell zu untersuchen, waren 9 im Besitz von Samen, die wegen ihrer Caruncula begierig von Ameisen weggeschleppt werden. Von den 15 Experimenten mit präparierten Samen von *E. Bivonae*, *Characias*, *Lathyris*, *myrsinites*, *peploides*, *peplus*, *segetalis* und *serrata*, verschiedene Grössen, von den riesigen der *E. Lathyris* bis zu den minimalen von *E. peploides* und *E. peplus*, repräsentierend, hat nur eines — das Exp. 2 unter *E. serrata* — in dieser Beziehung keinen positiven Ausschlag ergeben. Eine Art, *E. Helioscopia*, hat dagegen Samen, deren Caruncula sich nicht als Elaiosom ausgebildet hat. Diese Erscheinung dürfte jedoch, soweit meine Untersuchungen reichen, innerhalb der Gattung ziemlich selten sein.

Neben dem Platz der Experimente mit *Lasius niger* III im H. B. Pan. wuchs ein Bestand von *Euphorbia Bivonae*. Nachdem die ersten Früchte aufgesprungen, sah ich auch bald *Aphaenogaster testaceo-pilosa*, *Formica rufibarbis* und *Lasius niger* (erste Beobachtung 1903: d. 9. Mai) Samen der Pflanze tragen. Im Auswurfgut vor den Eingängen des Ameisenbaus lagen am 11. Mai *Euphorbia Bivonae*-Samen mit abgenagtem Elaiosom, offenbar von der Ernte desselben Jahres.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 2 unter *Nemophila insignis*.

Exp. 2. *Euphorbia Bivonae* und *Melilotus sulcata*. H. B. Pan. $19^{14}/_{5}03$. *Lasius niger* III.

Bewölkt, ziemlich heiss, windstill.

	Übrig geblieben														
$19^{14}/_{5}03$	10,16 Vm.	10,17	10,18	10,19	10,20	10,21	10,23	10,26	10,27	10,44	10,45	10,56	11,45	1,50	3,21	6,8
Euphorbia Bivonae: Samen, unpräpariert . .	10	6	4	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mit entfernter Caruncula	10	9	9	9	8	8	8	8	7	7	6	6	4	4	3	3
Melilotus sulcata: Früchte	10	10	10	10	10	9	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7

Exp. 3. Exp. 3 unter *Melica major*.

Exp. 5. *Amberboa Lippii*. H. B. Pan. $19^{16}/_{5}03$. *Euphorbia Bivonae* H. B. Pan. $19^{14}/_{5}03$. *Galactites tomentosa*. La Favorita. $19^{16}/_{5}03$. *Lasius niger* III.

Heiss, sonnig, schwach windig.

	Übriggeblieben															
$19^{17}/_{5}03$	9,27 Vm.	9,28	9,29	9,30	9,31	9,32	9,33	9,34	9,35	9,36	9,46	9,47	9,49	11,27	2,0	7,15
Amberboa Lippii: Früchte, unpräpariert . . .	10	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
» » : » m. entf Elaiosom	10	10	9	9	5	4	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1
Euphorbia Bivonae: Samen	10	8	8	6	4	4	3	3	2	1	1	0[1]	0	0	0	0
Galactites tomentosa: Früchte, unpräpariert .	10	8	5	4	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
» : » mit entferntem																
Mamillon	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	8	8	7	6

Euphorbia Characias.

Experimente.

Exp. 1. *Euphorbia Characias.* La Valette, Garigue. $19^{4}/_{5}02$.
Lasius niger II.
Sonnig, windig, ziemlich heiss.

	Übriggeblieben															
$19^{6}/_{5}02$	10,55 Vm.	10,56	10,57	10,58	10,59	11,0	11,1	11,2	11,3	11,5	11,6	11,7	11,9	11,14	11,36	2,37
Euphorbia Characias: Samen, unpräpariert	10	9	9	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0
» » : » mit entfernter Caruncula	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0
Euphorbia Characias: isolierte Caruncula	10	9	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Exp. 2. *Euphorbia Characias* und *Polygala monspeliaca.* La Valette, Garigue. $19^{2}/_{6}02$.
Aphaenogaster barbara I.
Heiss, windstill, sonnig.

	Übriggeblieben								
$19^{2}/_{6}02$	5,24 Nm.	5,25	5,26	5,27	5,28	5,29	5,36	5,37	5,38	6,24
Euphorbia Characias: Samen, unpräpariert . . .	10	8	4	0	0	0	0	0	0	0
» : » m. entf. Caruncula	10	10	8	7	4	3	3	2	1	1
Polygala monspeliaca: Samen	10	5	3	1	0	0	0	0	0	0

Exp. 3. *Carduus pycnocephalus.* Montpellier, Wegrand. $19^{11}/_{6}02$. *Euphorbia Characias.* La Valette, Garigue. $19^{11}/_{6}02$.
Aphaenogaster barbara I.
Stark windig, halbklar, ziemlich heiss.

[1] Wurde von *Formica fusca* genommen.

	Übriggeblieben							
$19^{11}/_{6}02$	4,14 Nm.	4,15	4,16	4,17	4,18	4,19	4,20	4,21
Carduus pycnocephalus: Früchte	10	9	8	5	3	3	3	3
Euphorbia Characias: Samen, unpräpariert	10	10	8	7	6	5	4	2
» » mit entfernter Caruncula	10	10	10	10	9	9	9	9

	Übriggeblieben											
$19^{11}/_{6}02$	4,22 Nm.	4,23	4,24	4,25	4,27	4,28	4,30	4,31	4,33	4,36	4,48	4,50
	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	9	9	8	8	7	6	5	4	3	2	1	0

Exp. 4. *Euphorbia Characias.* St. Martin des Londres, Garigue. $19^{12}/_{6}02$.
Formica rufa II.
Sehr heiss, sonnig.

	Übriggeblieben														
$19^{29}/_{6}02$	10,58 Vm	11,5	11,33	11,35	11,38	11,46	11,55	11,58	12,7	12,20	12,22	1,1	4,39	5,46	7,58	8,59
Euphorbia Characias: Samen, unpräpariert	10	8	7	6	5	4	3	2	2	1	0	0	0	0	0	0
Euphorbia Characias: Samen mit entfernter Caruncula	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	3	2	2	0

Exp. 5. *Carduus nutans.* Frankreich, Orange. $19^{16}/_{6}02$. *Euphorbia Characias.* St. Martin des Londres, Garigue. $19^{16}/_{6}02$.
Formica exsecta I.
Heiss, sonnig.

	Übriggeblieben								
$19^{30}/_{6}02$	10,3 Vm.	10,5	10,14	10,18	10,28	10,31	10,37	11,1	11,6
Carduus nutans: Früchte, unpräpariert	10	9	9	8	7	6	6	5	5
» » mit entferntem Mamillon	10	10	9	9	9	9	8	8	7
Euphorbia Characias: Samen	10	10	10	10	10	10	10	10	10

	Übriggeblieben																	
$19^{30}/_{6}02$	11,23 Vm.	11,24	11,50	12,1	12,31	12,32	12,41	1,20	1,21	2,26	3,25	4,38	5,10	6,22	6,50	8,5	9,0	9,46
	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	3	2	2	1	0	0	0	0
	6	5	5	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	10	9	8	7	7	6	6	6	6	6	4	4	4	4	3	2	2	1

An den präparierten *Carduus*-Früchten fanden sich Fragmente von der Basalpartie der Mamillons.

Exp. 6. Exp. 2 unter *Carex montana*.

Euphorbia dulcis.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 3 unter *Ajuga reptans*.

Euphorbia Lathyris.

Experimente.

Euphorbia Lathyris. H. B. Monsp. 19 $^{3}/_{6}$ 02. *Euphorbia segetalis*. Montpellier, Wegrand. 19 $^{3}/_{6}$ 02. *Geranium molle*. Montpellier, Heckenrand. 19 $^{3}/_{6}$ 02.

Aphaenogaster barbara I.

Sehr heiss, sonnig, windstill.

	Übriggeblieben																	
19 $^{3}/_{6}$ 02	5,2 Nm.	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	5,10	5,11	5,12	5,13	5,14	5,15	5,16	5,18	5,20	5,22
Euphorbia Lathyris: Samen, unpräpariert	10	10	9	8	8	7	6	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Euphorbia Lathyris: Samen, mit entfernter Caruncula .	10	10	10	10	10	9	9	8	7	6	6	6	5	4	3	2	1	0
Euphorbia Lathyris: Carunculae	10	10	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euphorbia segetalis: Samen, unpräpariert	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euphorbia segetalis: Samen, mit entfernter Caruncula .	10	10	6	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geranium molle: Samen . . .	10	10	10	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Exp. 2. *Euphorbia Lathyris*. H. B. Monsp. 19 $^{3}/_{6}$ 02. *Polygala monspeliaca*. La Valette, Garigue. 19 $^{3}/_{6}$ 02.

Aphaenogaster barbara I.

Sehr heiss, sonnig, windstill.

	Übriggeblieben						
19 $^{3}/_{6}$ 02	5,33 Nm.	5,34	5,35	5,36	5,37	5,38	5,39
Euphorbia Lathyris: Samen, unpräpariert	10	10	10	10	10	10	9
» » mit entfernter Caruncula .	10	10	10	10	10	10	10
Polygala monspeliaca: Samen	10	4	3	2	1	0	0

	Übriggeblieben										
$19^{3}/_{6}$ 02	5,41 Nm.	5,42	5,44	5,45	5,51	5,55	5,57	6,4	6,6	6,8	6,13	6,30
	8	7	7	7	6	5	4	3	3	2	2	2
	10	10	10	9	9	9	9	9	8	7	6	5
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Während des Experiments befanden sich nur wenige Arbeiter auf der Strasse. Ihre Zahl wurde immer geringer, und gegen 6,30 Nm. hatten sie die Strasse ganz verlassen.

Exp. 3. Exp. 4 unter *Galeobdolon luteum.*

Euphorbia Myrsinites.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 2 unter *Reseda Phyteuma.*

Euphorbia peploides.

Bei den Ausflügen, die ich im Frühling 1903 von Palermo aus ein paarmal in der Woche nach La Favorita am Fusse des Monte Pellegrino machte, sah ich mehreremal auf Fusspfaden oder Felsplatten im dortigen Maquis Ameisen (unter ihnen *Aphaenogaster barbara*) mit Samen dieser *Euphorbia.* Die erste Beobachtung datiert vom 15. April. Der folgende Experiment mit *Lasius niger* zeigt jedoch geringe Ameisenanlockungskraft; zu beachten ist indessen, dass die Ameisen versuchten, das Elaiosom abzubeissen, und zwar oft erfolgreich, ohne den Samen selbst mitzunehmen.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 2 unter *Reseda odorata.*

Euphorbia Peplus.

Bei St. Lorenzo auf Sizilien wurde auf Weiden $19^{7}/_{5}$ 02 *Aphaenogaster barbara* mit Samen und einer Kapsel von *E. Peplus* (oder möglicherweise *peploides*) notiert. Die Experimente zeigen auch durch den Anhang (Exp. 1) verursachte Myrmekochorie.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 3 unter *Fumaria capreolata.*

Exp. 2. *Euphorbia Peplus* und *Fedia Cornucopiae.* La Favorita, Maquis. $19^{27}/_{4}$ 02. *Lasius niger* III.

Sonnig, ziemlich heiss, windig.

	Übriggeblieben											
$19^{28}/_{4}02$	10,19 Vm.	10,20	10,21	10,22	10,23	10,24	10,25	10,26	10,27	10,30	10,31	10,33
Euphorbia Peplus: Samen	10	9	8	6	6	5	3	3	3	3	2	2
Fedia Cornucopiae: Ameisenfrüchte	10	10	10	10	10	9	9	8	7	7	7	6
: Flügelfrüchte	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
» » : Eingefasste Früchte	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9

	Übriggeblieben																						
$19^{28}/_{4}02$	10,34 Vm.	10,35	10,36	10,37	10,38	10,52	10,53	10,55	10,58	11,2	11,5	11,9	11,10	11,13	11,20	11,28	11,50	11,51	12,19	12,37	1,57	2,24	4,23
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	5	5	5	5	5	5	5	4[1])	4	4	4	3	2	2	2	1	1	1	1[2])	0	0	0
	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8	7	7	6	6	6	5
	7	6	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2

Euphorbia segetalis.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 1 unter *Euphorbia Lathyris.*

Euphorbia serrata.

Experimente.

Exp. 1. *Asphodelus acaulis.* H. B. Monsp. $19^{7}/_{6}02$. *Euphorbia serrata.* Montpellier. $19^{7}/_{6}02$.

Lasius niger II.

Heiss, sonnig, windig.

	Übriggeblieben								
$19^{7}/_{6}02$	10,35 Vm.	10,36	10,37	10,38	10,39	10,42	10,43	10,46	10,47
Asphodelus acaulis: Samen	10	10	9	8	8	7	6	5	5
Euphorbia serrata: Samen, unpräpariert	10	9	9	6	5	4	2	2	1
» : mit entf. Caruncula	10	10	10	10	8	7	7	7	7

[1] Wurde von *Formica fusca* genommen, nachdem sie die beiden andern Fruchtarten betastet und offenbar verschmäht hatte.

[2] Der Wulst war im Laufe des Experiments stark zerrissen worden.

	Übriggeblieben								
19 7/6 02	10,48 Vm.	10,49	10,51	10,53	10,56	10,58	10,59	11,48	6,43
	5	4	3	2	2	2	1	1	0
	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	5	4	4	3	2	2	2	0

Exp. 2. Exp. 6 unter *Reseda Phyteuma.*

Mercurialis annua.

In Palermo und seinen Umgebungen begann *Mercurialis annua* im Frühling 1903 die ersten Kapseln Mitte April zu öffnen. Schon am 24. April sah ich bei La Favorita zahlreiche Ameisen mit ihren Samen. Längs einer Steinmauer, an welcher *M. annua* wuchs, wurden unter anderen Früchten und Samen, die *Aphaenogaster barbara* transportierte, 9 *Mercurialis*-Samen in der Zeit von 3,44—3,55 Nm. gesehen. Im H. B. Pan. sah ich von Anfang Mai an Ameisen, unter anderen *Formica rufibarbis*, mit Samen derselben Art.

Der Hauptteil des Elaiosoms wird von der Caruncula gebildet, da aber die angrenzenden Epidermiszellen der Samenschale auch ölführend sind, so mussten, damit der Same seine Anziehung auf die Ameisen verlieren sollte, wie in Exp. 3 sowohl Caruncula als auch Epidermis entfernt werden.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 1 unter *Ornithogalum nutans.*
Exp. 2. Exp. 3 unter *Theligonum Cynocrambe.*
Exp. 3. Exp. 1 unter *Lachenalia pendula.*

Mercurialis perennis.

Auf Skabbholmen ergriff ich auf einer *Formica rufa*-Strasse in einem Haselhain in der Zeit vom 18.—20. Juli 1901 einigemale Ameisen mit Samen dieser Pflanze. Am 17. Juli 1902 sah ich in Råbäcks Munkäng in einer Laubwiese nahe einem *Formica rufa*-Bau in der Zeit von 6,10—6,40 Nm. 5 Ameisen mit *Mercurialis perennis*-Samen.

Von der Beschaffenheit des Elaiosoms gilt dasselbe wie bei *M. annua.* Im Exp. 2, wo sowohl Caruncula als Epidermis entfernt sind, zeigt sich daher die Bedeutung des Elaiosoms am besten.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 1 unter *Veronica panormitana.*
Exp. 2. Exp. 3 unter *Galanthus nivalis.*
Exp. 3. *Carduus pycnocephalus.* H. B. Monsp. 19 31/5 02. *Mercurialis perennis.* M. Ventoux. 19 21/5 02.
Aphaenogaster barbara I.

	Übriggeblieben																	
$19^{31}/_{5}02$	2,56 Nm.	2,58	2,59	3,1	3,2	3,3	3,4	3,6	3,7	3,8	3,13	3,14	3,15	3,21	3,22	4,5	4,7	4,15
Carduus pycnocephalus: Früchte	10	8	7	6	5	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mercurialis perennis: Samen, unpräpariert	10	9	7	7	6	5	5	4	4	2	2	2	0	0	0	0	0	0
Mercurialis perennis: Samen, mit entfernter Caruncula	10	10	10	9	9	8	8	8	8	7	6	5	5	4	3	2	1	0

Violaceae.

Viola arvensis.

Innerhalb der Gattung *Viola* findet sich ausser den ausgesprochen myrmekochoren mit besonders effektiven Elaiosomen ausgestatteten Arten, für die *V. odorata* als Typus genommen werden kann und bei denen im Anschluss an mit diese Myrmekochorie durchgreifende Veränderungen in der ganzen postfloralen Entwickelung zustande gekommen sind, eine Reihe von Arten mit explosiven Früchten, bei denen ausserdem als Verbreitungsmittel der Samen ein kleiner ölführender Anhang hinzukommt. Die Myrmekochorie, die hierdurch entsteht, ist zwar nicht, wie ich in meiner Spridningsbiologi 297 betont habe und wie es aus Exp. 1 unter *Viola elatior* und Exp. 2 unter *V. mirabilis* hervorgeht, so gross wie bei den erstgenannten Arten, aber doch klar und deutlich, wenn man sie beispielsweise gegen Samen von *V. palustris* (Exp. 5 unter *V. arvensis*, Exp. 2 unter *V. elatior* und Exp. 3 unter *V. Riviniana*) prüft, welche Samen völlig dieses kleinen Anhangs entbehren, oder wenn man mit Samen experimentiert, deren Anhang entfernt worden ist (Exp. 2 unter *V. arvensis*, Exp. 2 unter *V. elatior*, Exp. 1 und 2 unter *V. mirabilis* und Exp. 2, 3 und 4 unter *V. Riviniana*).

Experimente.

Exp. 1 (Sern., Spridningsbiologi 284). Exp. 6 unter *Luzula pilosa*.

Exp. 2 (Sern., Spridningsbiologi 285). *Viola arvensis* und *V. Riviniana*. Klockarhyttan. $19^{18}/_{9}00$.

Formica exsecta I.

Heiss, sonnig, windig.

	Übriggeblieben															
$19^{18}/_{9}00$	12,8 Nm.	12,12	12,14	12,18	12,21	12,24	12,25	12,26	12,40	12,50	1,10	1,25	1,35	2,7	3,50	5,15
Viola arvensis: Samen, unpräpariert	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9	4	4	1	1	1	1
Viola arvensis: Samen, mit entferntem Anhang	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	8	4	4
Viola Riviniana: Samen	10	8	7	6	5	4	3	2	2	1	0	0	0	0	0	0

Exp. 3. *Centaurea Cyanus.* Nerike, Lerbäck, Estabo. $19^{5}/_{8}01$. *Viola arvensis.* Klockarhyttan. $19^{8}/_{8}01$.
Lasius niger V.
Frisch, ein paar kleine Regenschauer.

	Übriggeblieben													
$19^{8}/_{8}01$	12,57 Nm.	1,1	1,10	1,22	1,23	1,26	1,28	1,43	1,50	2,15	2,30	3,15	4,55	5,20	6,35
Centaurea Cyanus: Früchte	10	9	6	6	5	3	3	2	1	0	0	0	0	0	0
Viola arvensis: Samen	10	10	10	9	9	9	8	7	7	6	6	2	1	1	0

Exp. 4. *Viola arvensis.* Klockarhyttan, Acker. $19^{1}/_{7}02$.
Formica rufa II.
Sonnig, ziemlich warm.

	Übriggeblieben																
$19^{3}/_{7}02$	11,24 Vm	11,25	11,26	11,27	11,28	11,29	11,30	11,31	11,33	11,35	11,38	11,39	12,5	12,18	12,24	1,25	2,33	3,47
Viola arvensis: Samen, unpräpariert	10	9	7	6	5	4	3	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Viola arvensis: Samen, mit entferntem Elaiosom . .	10	10	9	9	9	9	8	7	7	7	7	6	6	5	5	4	3	0

Exp. 5. *Luzula campestris.* Klockarhyttan, Grasflur. $19^{16}/_{8}02$. *Viola arvensis.* Klockarhyttan, Roggenfeld. $19^{16}/_{8}02$. *Viola palustris.* Klockarhyttan. $19^{16}/_{8}02$.
Formica exsecta I.
Bewölkt, windig, kühl; um 1 Uhr begann die Sonne hervorzukommen.

	Übriggeblieben																	
$19^{18}/_{8}02$	11,20 Vm.	11,34	11,38	11,43	11,47	11,55	12,11	12,28	12,46	1,32	2,6	2,56	3,8	4,9	4,42	7,5	7,36	8,10
Luzula campestris: Samen	10	10	10	9	7	7	7	7	7	7	6	5	5	4	3	3	3	3
Viola arvensis: »	10	9	8	8	8	8	6	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2
palustris: »	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	8	7

Viola elatior.

Vor der Eingangsöffnung eines *Lasius niger*-Baues im H. B. U. sammelte ich $19^{12}/_{7}01$ die hinausgeworfenen Samen. Unter diesen fanden sich, wieoben angeführt, 280 Samen von *Viola pubescens* und *V. suavis*. Ausserdem wurden 11 *V. elatior*-Samen gezählt. Die relative Frequenz hat ein gewisses Interesse, da die Parzellen der betr. Arten in ungefähr demselben Abstande lagen: 2,7, 1,8 und 1,9 m, und da die Grösse ihrer Samenproduktion ungefähr dieselbe war.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 4 unter *Viola suavis*.

Exp. 2. *Viola elatior*. H. B. U. $19^{26}/_{7}03$. *V. palustris*. Klockarhyttan, Haintälchen. $19^{31}/_{7}03$.

Formica exsecta I.

Bewölkt, windig.

	Übriggeblieben											
$19^{31}/_{7}03$	10,50 Vm.	10,58	11,7	11,9	11,14	11,21	11,27	11,43	11,44	1,26	1,36	4,45	7,54
Viola elatior: Samen, unpräpariert	10	9	8	7	6	6	5	2	1	1	0	0	0
» » mit entferntem Anhang	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8
palustris: Samen	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	7

Viola mirabilis.

Experimente.

Exp. 1. *Viola mirabilis*. Kinnekulle, Råbäcks Munkäng. $19^{18}/_{7}02$ (Chasmogame Blüten).

Formica rufa IX.

Ziemlich heiss, sonnig.

	Übriggeblieben																
$19^{20}/_{7}02$	2,12 Nm.	2,14	2,16	2,17	2,19	2,22	2,23	2,24	2,28	2,29	2,39	2,42	2,55	3.5	3,14	3,28	4,12	4,13
Viola mirabilis: Samen, unpräpariert	10	9	8	7	5	4	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Viola mirabilis: Samen, mit entferntem Anhang	10	10	9	9	9	9	9	9	8	7	6	5	3	2	2	1	1	0

Exp. 2. Exp. 5 unter *Viola hirta*.

Viola Riviniana.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 2 unter *Viola arvensis*.

Exp. 2 (SERN., Spridningsbiologi 263). *Centaurea Scabiosa* und *Viola Riviniana*. Klockarhyttan. $19^{21}/_{8}00$.

Formica exsecta I.

	Übriggeblieben							
$19^{21}/_{8}00$	12,22 e.m.	12,23	12,26	12,29	12,33	12,34	12,45	12,50
Centaurea Scabiosa: Früchte, unpräpariert	10	8	8	6	2	1	1	1
» » » mit entferntem Elaiosom	10	10	9	7	6	6	5	5
Viola Riviniana: Samen, unpräpariert	10	10	10	10	10	10	10	9
» » » mit entferntem Anhang	10	10	10	10	10	10	10	10

	Übriggeblieben															
$19^{21}/_{8}00$	12,53 Nm.	12,59	1,12	1,14	1,21	1,43	1,50	1,55	2,0	2,5	2,9	2,37	3,0	3,17	4,0	4.30	5,5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	0	0	0
9	9	9	8	7	7	7	7	7	6	6	5	2	1	1	1	1	
10	10	10	10	10	10	9	8	7	7	6	5	5	5	5	5	4	

Exp. 3. *Luzula campestris*, *Trifolium pratense* und *Viola Riviniana*. Klockarhyttan. $19^{2-3}/_{8}01$.

Formica exsecta I.

	Übriggeblieben								
$19^{3}/_{8}01$	10,0 Vm.	10,5	10,9	10,17	10,25	10,31	10,35	10,38	10,40
Luzula campestris: Samen	10	10	10	10	10	10	10	10	9
Trifolium pratense: Verbreitungseinheiten	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Viola Riviniana: Samen, unpräpariert	10	9	7	6	5	5	3	2	2
mit entferntem Anhang	10	10	10	10	9	8	7	7	7

	Übriggeblieben										
$19^{3}/_{8}01$	10,46 Vm.	10,49	10,51	10,52	10,59	11,14	11,15	11,24	11,36	1,19	2,13
8	8	8	8	8	8	8	8	8	6	6	
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	
7	6	6	6	6	6	5	4	4	3	3	

Exp. 3. *Viola palustris* und *V. Riviniana.* Lenna. $19^{6}/_{8}05$.
Formica rufa III.
Sonnig, windig.

	Übriggeblieben											
$19^{7}/_{8}05$	10,58 Vm.	10,59	11,3	11,24	11,28	12,10	12,31	1,42	1,49	1,51	1,53	3,46
Viola palustris: Samen	10	10	10	10	10	10	9	7	7	7	7	3
» *Riviniana:* Samen, unpräpariert	10	9	8	8	7	7	6	3	3	2	2	0
» » » mit entferntem Anhang	10	10	10	9	9	9	9	7	6	6	6	1

Viola tricolor.

Der damalige Amanuensis des H. Berg., Herr Fil. Kand. C. Dahl, hat mir freundlichst mitgeteilt, dass im Sommer 1901 grosse Bestände von *Viola tricolor* vor den Ameisenlöchern im Garten angetroffen worden waren. Wie bekannt, hatte Professor Wittrock im vorhergehenden Jahre für seine *Viola*-Studien umfangreiche Kulturen von *Viola tricolor* angelegt.

Im H. B. U. traf ich $19^{19}/_{8}01$ *Lasius niger* mit einem Samen an.

Der Polygala-Typus.

Polygalaceae.

Polygala monspeliaca.

Ende Mai und Anfang Juni 1901 wurden in der *Quercus Ilex*-Garigue bei La Valette zahlreiche Ameisen mit Samen und Kapseln der *Polygala monspeliaca* beobachtet. Beispielsweise wurde an einem offenen Platze in der Garigue, wo *P. monspeliaca* in der Samenverbreitung begriffen war, am 31. Mai von 4,21—4,26 Nm. ein Transport von 4 Kapseln und 6 Samen verzeichnet.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 1 unter *Symphytum officinale.*

Exp. 2. *Calendula arvensis.* Montpellier, Strassenrand. 19 2/6 02. *Polygala monspeliaca.* La Valette, Garigue. 19 1/6 02.

Aphaenogaster barbara I.

Heiss, ruhig, sonnig.

	Übrig geblieben										
19 2/6 02	4,24 Nm.	4,25	4,26	4,27	4,28	4,29	4,30	4,36	4,37	4,38	4,39
Calendula arvensis: Larvenfrüchte . . .	10	10	8	7	7	5	2	2	1	1	0
Polygala monspeliaca: Samen	10	6	2	1	0	0	0	0	0	0	0

Die Ameisen äusserst intensiv rührig, eifrigst mit dem Sameneinsammeln beschäftigt.

Exp. 3. Exp. 2 unter *Euphorbia Characias.*

Exp. 4. Exp. 4 unter *Fumaria spicata.*

Exp. 5. Exp. 2 unter *Euphorbia Lathyris.*

Polygala vulgaris.

G. Adlerz hat (vergl. p. 3) auf Öland Samen, welche offenbar einer *Polygala* gehörten, in den Ansiedelungen von *Leptothorax acervorum* gefunden.

Die Experimente mit Samen von *Polygala vulgaris* ergeben denn auch einen ziemlich hohen Grad von Myrmekochorie. — Die Samen des *Polygala*-Typus zeigen insofern eine Abweichung dem *Viola-odorata*-Typus gegenüber, als ausser der grossen als Elaiosom ausgebildeten Caruncula am entgegengesetzten Pol des Samens noch ein kleines zweites Elaiosom vorhanden ist. Exp. 1 und 2, wo nur die Caruncula entfernt ist, zeigen, wenn mit Exp. 3 verglichen, wo ausserdem dieses letztere Elaiosom entfernt worden, dass es zu den myrmekochoren Eigenschaften der Samen beisteuert.

Experimente.

Exp. 1. (Sern., Spridningsbiologi 254). *Anthoxanthum odoratum*, *Melampyrum pratense* und *Polygala vulgaris*. Klockarhyttan. $19^{16}/_{8}06$.

Formica exsecta I.

	Übriggeblieben						
$19^{16}/_{8}00$	3,0 Nm.	3,3	3,5	3,8	3,9	3,10	3,12
Anthoxanthum odoratum: Verbreitungseinheiten	10	10	10	10	10	10	9
Melampyrum pratense: Samen, unpräpariert	10	9	9	6	5	2	1
» » : » mit entferntem Anhang	10	8	7	4	2	2	2
Polygala vulgaris: Samen unpräpariert	10	8	5	3	0	0	0
» » : » mit entfernter Caruncula	10	10	9	7	3	2	1

	Übriggeblieben											
$19^{16}/_{8}03$	3,14 Nm.	3,17	3,20	3,35	3,40	4,0	4,20	5,0	5,30	7,5	$^{17}/_{8}$	8,47 Vm.
	9	9	8	8	7	7	6	6	4	0		0
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0

Exp. 2. Exp. 4 unter *Ajuga pyramidalis*.

Exp. 3. *Polygala vulgaris*. Klockarhyttan, Wiese. $19^{22}/_{8}02$. *Trichera arvensis*. Klockarhyttan, Kräuterflur. $19^{22}/_{8}02$.

Formica rufa II.

Sonnig, windig, ziemlich heiss.

	Übriggeblieben						
$19^{22}/_{8}02$	11,46 Vm.	11,47	11,48	11,49	11,50	11,51	11,52
Polygala vulgaris: Samen unpräpariert	10	8	5	5	4	2	1
der ganze Elaiosomapparat entf.	10	10	9	8	6	6	6
Trichera arvensis: Verbreitungseinheiten, unpräpariert	10	9	7	6	3	2	0
Kelch und Elaiosom entf.	10	10	10	10	10	10	10

	Übriggeblieben																			
$19^{22}/_{8}02$	11,55Vm.	11,56	11,57	11,59	12,0	12,5	12,6	12,7	12,8	12,12	12,13	12,14	12,17	12,18	12,20	12,21	12,31	12,38	1,13	1,53
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	6	6	6	5	5	4	4	4	4	3	1	1	1	1	1	1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	9	8	8	7	7	7	7	6	6	6	6	6	5	5	4	4	4	4	0

Der Amberboa-Typus.

Compositae.

Amberboa Lippii.

Die Experimente mit *Lasius niger* III beweisen einen sehr hohen Grad von Myrmekochorie. — Bereits am 16. Mai wurden vor den Ameisenlöchern, unfern des Platzes des Exp. 1 vom 13. Mai, Früchte mit abgefressenem Elaiosom angetroffen.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 1 unter *Melica major.*
Exp. 2. Exp. 4 unter *Euphorbia Bivonae.*
Exp. 3. Exp. 6 unter *Veronica Cymbalaria.*

Centaurea Cyanus.

Am 20. August 1898 sah ich auf der Tosterinsel (Södermanland, Schweden) bei einem *Formica rufa*-Haufen in einem stark von Kiefern und Fichten durchsetzten Birkenwalde eine Ameise nach der anderen Früchte von *Centaurea Cyanus* heranschleppen. Indem ich die schlängelnden Gänge der Ameisen mühsam durchs Gestrüpp verfolgte, fand ich den Ursprungsort dieser Früchte. Es war ein 27 m vom Ameisenhaufen liegendes Strohbündelchen, welches von einem vorüberfahrenden mit Roggen beladenen Fuhrwerk herabgefallen war: in diesem stöberten die Ameisen nun nach dem Inhalt der reifen Fruchtstände eifrig herum. Sern., Spridningsbiologi 239.

Spätere Experimente haben denn auch dargetan, dass mein eben beschriebener Fund tatsächlich einen damals unbekannten myrmekochoren Typus repräsentierte. — Unter den 4 Experimenten, welche bezweckten, die Bedeutung des Elaiosoms nachzuweisen, gelang Exp. 1 weniger gut, was vielleicht darauf zurückzuführen ist, dass ich damals übersah, dass das Elaiosom nicht selten schwach entwickelt oder beschädigt ist, weshalb ich die unpräparierten Früchte wohl nicht sorgfältig genug ausgesucht hatte.

Experimente.

Exp. 1. *Centaurea Cyanus.* Lerbäck, Estabo. 19 3/8 01. *Linnaea borealis* und *Trientalis europaea.* Lerbäck, Vissbo Sågdam, Nadelwald. 19 3/8 01.

Formica exsecta I.

	Übriggeblieben									
19 3/8 01	3,39 Nm.	3,41	3,42	3,43	3,45	3,46	3,47	3,48	3,49	3,50
Centaurea Cyanus: Früchte, unpräpariert	10	9	8	8	6	5	5	5	4	4
» » : » mit entferntem Elaiosom	10	10	10	10	10	10	9	8	7	6
Linnaea borealis: Verbreitungseinheiten	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Trientalis europaea: Samen	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Übriggeblieben										
19 3/8 01	3,51 Nm.	3,52	3,53	3,55	3,56	3,57	4,8	4,11	4,55	6,27	6,50
	4	3	2	2	2	1	1	1	1	0	0
	6	5	3	2	1	1	1	0	0	0	0
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	7

Exp. 2. *Centaurea Cyanus,* Lerbäck, Estabo. 19 3/8 01. *Centaurea Scabiosa.* Klockarhyttan. 19 3/8 01. *Trientalis europaea.* Lerbäck, Vissbo Sågdam, Nadelwald. 19 3/8 01.

Formica rufa II.

	Übriggeblieben					
19 3/8 01	5,24 Nm.	5,25	5,26	5,27	5,28	5,31
Centaurea Cyanus: Früchte, unpräpariert	10	7	6	4	4	4
» » : » mit entferntem Elaiosom	10	10	10	10	9	9
» *Scabiosa:* »	10	9	9	9	9	9
Trientalis europaea: Samen	10	10	10	10	10	10

Übriggeblieben																		
19 3/8 01	5,34 Nm.	5,37	5,39	5,40	5,42	5,45	5,52	5,54	5,55	6,5	6,11	6,13	6,14	6,20	6,22	6,35	6,40	6,58
	4	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	8	7	7	7	7	6	5	5	3	3	3	3	2	2	1	0	0
	9	8	8	8	8	8	8	8	7	6	5	4	3	3	2	1	1	0
	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Exp. 3. *Centaurea Cyanus.* Estabo. $19^{5}/_{8}$ 01. *Melampyrum silvatium* und *Trifolium pratense.* Klockarhyttan. $19^{6}/_{8}$ 01.

Formica exsecta I.

Windig, ziemlich heiss, die Sonne ab und zu von Wolken verdeckt.

	Übriggeblieben							
$19^{6}/_{8}$ 01	10,8 Vm.	10,9	10,10	10,11	10,12	10,13	10,15	10,16
Centaurea Cyanus: Früchte, unpräpariert	10	9	9	7	5	4	3	2
» : mit entferntem Elaiosom	10	10	9	9	9	9	9	9
Melampyrum silvaticum: Samen, unpräpariert	10	10	10	10	10	10	10	10
» » : » mit entferntem Anhang	10	10	10	10	10	10	10	10
» » : » Anhänge	10	10	10	10	10	10	10	10
Trifolium pratense: Verbreitungseinheiten	10	10	10	10	10	10	10	10

	Übriggeblieben																												
$19^{6}/_{8}$ 01	10,23 Vm.	10,26	10,27	10,28	10,30	10,32	10,37	10,46	10,56	11,4	11,17	11,18	11,24	11,35	11,36	11,53	11,54	12,5	12,7	12,14	12,15	12,59	1,11	1,44	2,5	2,6	3,12	8,47
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	8	6	5	4	4	4	3	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	10	10	9	9	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	5	4	4	3	3	2	1	1	1	1	0	0	0
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	8	8	8	7	7	7	7	7	6	6	6	6	5	0
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8	8	8	5	5	3	0
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	8

Exp. 4. Exp. 3 unter *Viola arvensis.*

Exp. 5. *Centaurea Cyanus* und *C. Jacea.* Lerbäck, Åsbro. $19^{31}/_{8}$ 01.

Formica exsecta I.

Windig, kalt, sonnig.

	Übriggeblieben													
$19^{2}/_{9}$ 01	11,5 Vm.	11,6	11,7	11,8	11,9	11,10	11,11	11,12	11,13	11,14	11,15	11,16	11,17	11,19
Centaurea Cyanus: Früchte, unpräpariert	10	9	8	7	5	2	1	1	0	0	0	0	0	0
» : » mit entferntem Elaiosom	10	10	10	8	6	5	4	3	2	0	0	0	0	0
Centaurea Jacea: Früchte, unpräpariert	10	10	10	9	8	6	6	5	5	4	3	2	1	0

Centaurea dealbata.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 2 unter *Allium ursinum.*

Exp. 2. *Centaurea dealbata* und *C. depressa.* H. Berg. $19^{24}/_{7}$ 01. *C. Scabiosa.* Klockarhyttan. $19^{27}/_{7}$ 01.

Formica rufa II.
Recht heiss, sonnig.

		Übriggeblieben																
$19^{27}/_{7}01$	1,4 Nm.	1,6	1,8	1,10	1,13	1,14	1,15	1,16	1,18	1,19	1,20	1,22	1,25	1,27	1,32	1,40	2,35	3,24
Centaurea dealbata: Früchte .	10	10	10	9	8	8	7	6	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0
» *depressa:* » .	10	10	10	9	9	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	1	0
» *Scabiosa:* » .	10	9	8	8	8	7	6	5	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0

Exp. 3. *Centaurea dealbata.* H. Berg. $19^{24}/_{7}01$. *C. Scabiosa.* $19^{29}/_{7}01$.
Formica rufa II.
Heiss, sonnig, windig.

		Übriggeblieben																
$19^{29}/_{7}01$	5.7 Nm.	5,8	5,9	5,10	5,11	5,12	5,13	5,14	5,15	5,16	5,17	5,18	5,19	5,20	5,22	5,23	5,28	5,37
Centaurea dealbata: Früchte .	10	10	10	9	9	9	9	8	8	7	4	3	3	3	3	2	1	0
» *Scabiosa:* » unpräpariert	10	10	9	9	7	6	5	4	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0
Centaurea Scabiosa: mit entferntem Elaiosom	10	9	8	8	8	7	6	4	3	3	2	2	1	0	0	0	0	0

Exp. 4. Exp. 2 unter *Symphytum officinale.*

Centaurea depressa.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 2 unter *C. dealbata.*

Centaurea Jacea.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 5 unter *C. Cyanus.*
Exp. 2. *Centaurea Jacea.* Åsbro, Strassenrand. $19^{31}/_{8}01$. *Melampyrum pratense.* Klockarhyttan. $19^{2}/_{9}01$.
Formica exsecta I.
Windig, kalt, sonnig.

		Übriggeblieben															
$19^{2}/_{9}01$	11,35 Vm.	11,44	11,46	11,48	11,55	12,5	12,10	12,13	12,14	12,24	12,55	1,11	1,30	1,50	2,1	2,8	2,23
Centaurea Jacea: Früchte . . .	10	10	9	9	9	8	7	6	5	4	4	4	3	3	2	2	2
Melampyrum pratense: Samen . .	10	9	9	8	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	5	4	4

	Übriggeblieben						
$19^{2}/_{9}01$	2,56 Nm.	4,55	5,45	7,25	$^{3}/_{9}$	8,54 Vm.	10,27
	1	1	1	1		0	0
	4	4	3	3		1	0

Exp. 3. Exp. 4 unter *Lamium amplexicaule*.

Exp. 4. *Centaurea Jacea*. Westmanland, Frövi, Wiesenabhang. $19^{12}/_{8}$ 03. *Linnaea borealis* und *Trientalis europaea*. Klockarhyttan, *pinetum hylocomiosum*. $19^{13}/_{8}$ 03.

Formica rufa II.

Kühl, halbbewölkt, am Nachmittag Sonnenschein.

	Übriggeblieben																	
$19^{14}/_{8}$03	10,30 Vm	10,33	10,34	10,41	10,48	10,49	10,36	11,11	11,20	11,30	11,35	11,40	12,3	12,6	12,49	1,32	3,14	6,54	7,24
Centaurea Jacea: Früchte	10	9	7	6	5	4	3	3	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Linnaea borealis: Verbreitungseinh.	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	6	3	2	1	0
Trientalis europaea: Samen	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	5	1	0	0	0

Centaurea ochroleuca.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 2 unter *Nonnea alba*.

Centaurea Scabiosa.

Auf einem Sandwege bei Klockarhyttan, welcher durch eine mit *Centaurea Scabiosa* in der Fruchtreife bestandene Kräuterflur lief, wurden am 31. Juli und 1. August 1901 *Formica rufibarbis*, *Myrmica lobicornis* und *Tetramorium caespitum* mit deren Früchten angetroffen. Am 10. August desselben Jahres gewahrte ich in einer ebenfalls bei Klockarhyttan gelegenen Kräuterflur eine *Formica rufa* mit einer Frucht; das nächste *Centaurea*-Exemplar war 5,5 m entfernt.

Die *Centaurea*-Arten haben, nach den spärlichen Vergleichsexperimenten zu urteilen, einen etwas ungleichen Grad von Myrmekochorie: *C. Cyanus* ist hierin offenbar eine der am besten ausgerüsteten; *C. Scabiosa* ist ihr unterlegen (vgl. Exp. 2 unter *C. Cyanus*), scheint aber den Vorrang vor *C. dealbata* (Exp. 2 und 3 ebendaselbst) und *C. depressa* (Exp. 1 ebendaselbst) zu haben.

Von dem Experiment 3 mit präparierten Früchten gilt wahrscheinlich das vorhin vom Exp. 1 unter *C. Cyanus* Gesagte.

Experimente.

Exp. 1. (Sern., Spridningsbiologi 260). *Centaurea Scabiosa* und *Triodia decumbens*. Klockarhyttan. $19^{9}/_{8}$ 99.

Formica rufa II.
Heiss, sonnig.

	Übriggeblieben				
$18^{9}/_{8}99$	10,35 Vm.	10,45	10,50	10,55	11,1
Centaurea Scabiosa: Früchte	10	5	1	0	0
Triodia decumbens: Verbreitungseinheiten . . .	10	10	9	7	7

Exp. 2. (SERN., Spridningsbiologi 261). *Centaurea Scabiosa*, Klockarhyttan. $18^{9}/_{8}99$.
Formica rufa II.
Heiss, sonnig.

	Übriggeblieben	
$18^{9}/_{8}99$	11,15 Vm.	11,20
Centaurea Scabiosa: Unpräparierte Früchte	10	0
Früchte mit entferntem Pappus . . .	10	0

Exp. 3 (SERN., Spridningsbiologi 261). *Centaurea Scabiosa* und *Trichera arvensis*. Klockarhyttan. $18^{10}/_{8}99$.
Formica exsecta I.

	Übriggeblieben	
$18^{10}/_{8}99$	12,55 Nm.	1,15
Centaurea Scabiosa: Früchte	10	0
Trichera arvensis: Verbreitungseinheiten . . .	10	0

Exp. 4 (SERN., Spridningsbiologi 261.) *Centaurea Scabiosa*. Klockarhyttan. $18^{10}/_{8}99$.
Lasius fuliginosus III.

	Übriggeblieben	
$18^{10}/_{8}99$	12,55 Nm.	1,15
Centaurea Scabiosa: Früchte	10	0

Exp. 5 (SERN., Spridningsbiologi 262). *Centaurea Scabiosa*, *Euphorbia Helioscopia* und *Thymus Serpyllum*. Klockarhyttan. $19^{17}/_{8}00$.
Formica exsecta I.
Heiss, sonnig.

	Übriggeblieben									
$19^{17}/_{8}00$	1,25 Nm.	1,28	1,30	1,33	1,35	1,40	1,48	2,25	4,40	5,35
Centaurea Scabiosa: Früchte	10	6	4	3	2	1	0	0	0	0
Euphorbia Helioscopia: Samen, unpräpariert . . .	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
mit entfernter Caruncula	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Thymus Serpyllum: Verbreitungseinheiten	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9

Exp. 6 (Sern., Spridningsbiologi 263). Exp. 2 unter *Viola Riviniana.*
Exp. 7. Exp. 2 unter *Centaurea dealbata.*
Exp. 8. Exp. 3 unter *C. dealbata.*
Exp. 9. Exp. 2 unter *C. Cyanus.*
Exp. 10. Exp. 3 unter *Lamium amplexicaule.*

Der Fedia-Typus.

Valerianaceae.

Fedia Cornucopiae.

Wie nachstehend eingehender wird beschrieben werden, zeichnet sich *Fedia* durch eine besonders ausgeprägte Heterokarpie aus. Unter den verschiedenen Monochasialfrüchten gibt es eine, deren ventrale Mittelpartie an der Basis mit einer kleinen Ausbuchtung versehen ist, deren Zellen spärlich ölführend sind. Da die Pflanze auf Sizilien, wo ich die beste Gelegenheit sie zu studieren hatte, während der Monate April und Mai die Monochasialfrüchte fallen liess und in jene Sprosskomplexe zerfiel, in denen die eingefasste Früchte eingeschlossen sind, gewahrte man allgemein Ameisen, vor allen *Aphanogaster barbara*, welche eben diese, aber keine andere Art der von mir als »Ameisenfrüchte» bezeichneten *Fedia*-Früchte umherschleppten. Dieses beobachtete ich auf Wiesen, Felsen und in Maquis bei Palermo und St. Lorenzo. Im Auswurfgut vor Ameisenhaufen, wahrscheinlich zumeist von *Aphanogaster barbara*, konnte man Ameisenfrüchte mit angebissenem Elaiosom massenhaft sehen.

Die Experimente ergeben denn auch, dass die von mir als Ameisenfrüchte bezeichneten Monochasialfrüchte von den Ameisen weitaus mehr begehrt werden, als geflügelte (»Flügelfrüchte») und eingefasste Früchte.

Experimente.

Exp. 1. *Calendula officinalis*, *Fedia Cornucopiae* und *Galium saccharatum*. La Favorita, Maquis. $19^{20}/_{4}03$.

Lasius niger III.

Sonnig, kühl, etwas windig; der Boden auf den Ameisenwegen feucht; um 11 Uhr bewölkt, um 1 feiner Sprühregen.

	Übriggeblieben											
$19^{21}/_{4}03$	9,27 Vm.	9,31	9,33	9,36	9,44	10,5	10,37	11,53	1,40	3,10	4,47	5,55	6,35
Calendula officinalis: Larvenfrüchte . .	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	8
Fedia Cornucopiae: Ameisenfrüchte . .	10	9	8	7	6	6	5	4	2	2	1	1	1
Galium saccharatum: Teilfrüchte . . .	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9

Die *Calendula*-Früchte wurden nur eine kurze Strecke geschleppt. Einige *Fedia*-Früchte, welche die Ameisen in ihre Löcher transportiert hatten, wurden im Laufe des Tages hinausgeworfen und mit angebissener Basalpartie vorgefunden.

Exp. 2. Exp. 1 unter *Reseda odorata.*

Exp. 3. Exp. 1 unter *Fumaria capreolata.*

Exp. 4. Exp. 2 unter *Euphorbia Peplus.*

Der Galactites-Typus.

Zu diesem Typus gehören einige Kompositenfrüchte, deren Griffelbasis sich zu Elaiosomen herausgebildet hat. Einzelne der von mir zu diesem Typus gestellten Pflanzen, z. B. *Galactites* und auch *Carduus pycnocephalus*, sind stark myrmekochor, andere, wie *Cirsium acaule* haben ein schwach entwickeltes, wenig Öl führendes Elaiosom und bilden den Übergang zu Arten mit einem gewöhnlichen »mamillon» — die Bezeichnung der französischen Floristen für diese sitzenbleibenden Griffelbasen —, das jedoch, nach den bisher vorliegenden Experimenten zu urteilen, kaum mehr, beispielsweise bei *Carduus crispus* und *Cirsium lanceolatum*, die Benennung Elaiosom verdient.

Compositæ.

Carduus Kerneri.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 1 unter *Myosotis sparsiflora.*
Exp. 2. Exp. 2 unter *Myosotis sparsiflora.*
Exp. 3. Exp. 3 unter *Myosotis sparsiflora.*

Carduus nutans.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 5 unter *Euphorbia Characias.*

Carduus pycnocephalus.

Am Rande des Haferfeldes vor Montpellier, wo ich die Experimente mit *Lasius niger* II vornahm, fing *Carduus pycnocephalus* im Jahre 1902 Ende Mai an, seine Fruchtkörbe zu öffnen. Der Pappus fiel öfters unmittelbar, nachdem er der Frucht zum Empordringen zwischen die Hüllschuppen behülflich gewesen, ab, oder doch

sehr bald, nachdem er die Frucht auf einer kurzen Luftreise begleitet. Die auf dem Boden liegenden Früchte mit oder ohne Pappus wurden von mehreren Ameisenarten aufgesucht, und zwar beobachtete ich während der Zeit vom 25. Mai—6. Juni *Aphaenogaster barbara*, *Formica fusca* und *Lasius niger* als Transporteure derselben.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 3 unter *Mercurialis perennis.*

Exp. 2. Exp. 1 unter *Symphytum officinale.*

Exp. 3. Exp. 3 unter *Triteleia uniflora.*

Exp. 4. Exp. 4 unter *Ajuga Chamaepitys.*

Exp. 5. *Asphodelus acaulis.* H. B. Monsp. $19^{19}/_{6}02$. *Carduus pycnocephalus.* Montpellier, Strassenrand. $19^{19}/_{6}02$.

Lasius niger II.

Tropfregen, bewölkt, ziemlich heiss.

$19^{19}/_{6}02$	Übriggeblieben									
	1,52 Nm.	2,10	2,12	2,20	2,30	2,41	2,58	3,16	3,53	7,14
Asphodelus acaulis: Samen	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Carduus pycnocephalus: Früchte, unpräpariert	10	9	8	7	7	5	5	2	2	0
» » : » mit entferntem Elaiosom	10	10	10	10	10	10	10	9	9	8

Exp. 6. Exp. 3 unter *Euphorbia Characias.*

Exp. 7. *Carduus pycnocephalus* und *Galium saccharatum.* Sizilien. St. Lorenzo. $19^{7}/_{5}03$.

Lasius niger III.

Sonnig, heiss, schwacher Wind.

$19^{7}/_{5}03$	Übriggeblieben									
	2,39 Nm.	2,40	2,41	2,42	2,43	2,44	2,45	2,46		
Carduus pycnocephalus: Früchte, unpräpariert	10	9	5	5	4	4	4	4		
» » : » mit entferntem Elaiosom	10	10	9	9	9	8	8	7		
Galium saccharatum: Teilfrüchte	10	10	10	10	10	10	10	10		

$19^{7}/_{5}03$	Übriggeblieben												
	2,47 Nm.	2,48	2,49	2,50	2,51	2,52	2,53	2,57	3,4	3,5	4,4	6,14	6,47
	3	3	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	6	6	5	5	5	4	4	3	2	1	0	0	0
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8

Cirsium acaule.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 1 unter *Thesium alpinum.*
Exp. 2. Exp. 2 unter *Thesium alpinum.*
Exp. 3. *Cirsium acaule* und *Melilotus officinalis.* H. Berg. $19^{29}/_{7}05$. *Formica rufa* III.
Kühl, häufige Regenschauer während des ganzen Experimentes.

	Übriggeblieben										
$19^{2}/_{8}05$	9,40 Vm.	10,3	10,4	10,8	10,15	10,20	11,18	2,8	4,25	7,25	7,40
Cirsium acaule: Früchte unpräpariert	10	10	9	8	8	8	4	4	3	2	2
» : » mit entferntem mamillon	10	9	9	9	8	8	7	6	6	1	1
Melilotus officinalis: Früchte	10	10	10	10	10	10	9	8	5	3	3

Galactites tomentosa.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 3 unter *Lachenalia tricolor.*
Exp. 2. Exp. 3 unter *Melica major.*
Exp. 3. Exp. 4 unter *Euphorbia Bivonae.*

Der Trichera-Typus.

Dipsaceæ.

Trichera arvensis.

Die Experimente mit *Formica rufa* II sind, wie oben erwähnt, bei Klockarhyttan auf dem sog. Svinbacken angestellt worden (Sern., Spridningsbiologi 240). In dem jungen Kiefernbestande und auf einem anliegenden Acker wächst *Trichera arvensis*. 5 Jahre (1899—1903) hindurch hatte ich Gelegenheit zu sehen, dass während der Verbreitung, die im August (1901 frühestens am 2. Aug.) begann und bis in den September fortdauerte, *Formica rufa* begierig Massen von ihren Verbreitungseinheiten einsammelte. In der Kolonievegetation, die ihre Baue umgiebt (Sern., Spridningsbiologi 385—386), war sie auch enthalten.

Bei Klockarhyttan konnte ich auch andere Ameisenarten als *Trichera*-Verbreiter konstatieren. Vor Eingängen zu Bauen von *Lasius fuliginosus* (Mischwald) und *Formica rufibarbis* (Kräuterflur) wurden $19^{13}/_{8}01$ ihre Verbreitungseinheiten als mit angefressenem Elaiosom hinausgeworfen notiert. Beiläufig will ich erwähnen, dass ich hier am 31. Juli und 1. Aug. dasselben Jahres *Formica fusca* an Fruchtständen beschäftigt sah, die noch unreife Früchte trugen, deren Kronen aber abgeworfen waren.

Die Experimente zeigen auch, dass die Vorliebe der Ameisen für die Verbreitungseinheiten von der zum Elaiosom umgebildeten Basalpartie der Vorblätter abhängt.

Experimente.

Exp. 1 (Sern., Spridningsbiologi 281). *Trichera arvensis*. Klockarhyttan. $18^{8}/_{8}99$. *Formica rufa* II.
Bewölkt.

	Übriggebliebe.n												
$18^{8}/_{8}99$	12,45 Nm.	12,55	1,0	1,5	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50
Trichera arvensis: Verbreitungseinheiten, unpräpariert	10	7	6	5	3	3	2	2	1	1	0	0	0
» » » mit entferntem Elaiosom	10	9	9	9	9	9	9	7	6	3	2	2	0

Exp. 2 (SERN., Spridningsbiologi 282). *Trichera arvensis.* Klockarhyttan. $18^{21}/_{8}99$.

Formica rufa II.

Schönes Wetter.

	Übriggeblieben				
	10,0 Vm.	10,25	10,30	12,15	12,55
Trichera arvensis: Verbreitungseinheiten, unpräpariert	10	5	4	0	0
mit entferntem Elaiosom	10	6	6	1	0

Exp. 3 (SERN., Spridningsbiologi 282). *Betula verrucosa, Melampyrum silvaticum, Trichera arvensis* und *Triodia decumbens.* Klockarhyttan $19^{12}/_{8}00$.

Formica exsecta I.

Ziemlich heiss und sonnig.

	Übriggeblieben											
$19^{12}/_{8}00$	1,27 Nm.	1,32	1,33	1,36	1,38	1,42	1,45	1,48	1,50	1,54	2,0	2,55
Betula verrucosa: Früchte	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Melampyrum silvaticum: Samen, unpräpariert	10	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
» » » mit entferntem Anhang	10	9	8	6	5	4	4	3	2	1	1	0
Trichera arvensis: Verbreitungseinheiten	10	8	7	5	3	2	1	1	1	0	0	0
Triodia decumbens: »	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8

Exp. 4 (SERN., Spridningsbiologi 275). *Melampyrum pratense* und *Trichera arvensis.* Klockarhyttan. $19^{15}/_{8}00$.

Formica rufa II.

Heiss, sonnig.

	Übriggeblieben									
$19^{15}/_{8}00$	4,25 Nm.	4,27	4,30	4,32	4,36	4,38	4,40	4,42	4,43	4,46
Melampyrum pratense: Samen, unpräpariert	10	8	9	6	5	4	3	2	1	0
» » » mit entferntem Anhang	10	5	3	0	0	0	0	0	0	0
Trichera arvensis: Verbreitungseinheiten, unpräpariert	10	7	1	0	0	0	0	0	0	0
» » » mit entferntem Elaiosom	10	8	6	6	5	2	0	0	0	0

Exp. 5. Exp. 2 unter *Lamium amplexicaule.*

Exp. 6. Exp. 3 unter *Arenaria trinervia.*

Exp. 7. Exp. 3 unter *Polygala vulgaris.*

Trichera atrorubens.

Experimente.

Exp. 1. *Carduus crispus*, *Cirsium lanceolatum* und *Euphorbia Helioscopia*. Uppsala, Grabenrand. $19^{20}/_{9}03$. *Trichera atrorubens*. H. B. U. $19^{21}/_{9}03$.
Formica rufa-pratensis I.
Heiss, sonnig, schwach windig.

	Übriggeblieben								
$19^{21}/_{9}03$	11,42 Vm.	11,43	11,44	11,45	11,47	11,48	11,49	11,50	11,52
Carduus crispus: Früchte ohne Pappus	10	9	9	8	8	8	8	7	7
Cirsium lanceolatum: » » »	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Euphorbia Helioscopia: Samen, unpräpariert	10	10	9	8	8	8	8	7	7
» » » mit entfernter Caruncula	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Trichera atrorubens: Verbreitungseinheiten	10	8	6	6	6	5	5	5	5

	Übriggeblieben																							
$9^{21}/_{9}03$	11,53 Vm.	11,54	11,56	11,57	11,58	11,59	12,0	12,5	12,6	12,9	12,10	12,13	12,14	12,15	12,16	12,17	12,20	12,21	12,22	12,23	12,25	12,26	12,28	12,29
	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6
	10	10	10	9	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7	7	7	5	5	4	4	4
	5	5	4	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Exp. 2. *Dimorphotheca pluvialis* und *Trichera atrorubens*. H. B. U. $19^{22}/_{9}03$.
Formica rufa-pratensis I.
Warm, sonnig, schwach windig.

	Übriggeblieben													
$19^{22}/_{9}03$	11,20 Vm.	11,22	11,37	11,40	11,46	11,47	11,49	11,56	12,1	12,5	12,9	12,20	1,32	2,48
Dimorphotheca pluvialis: Larvenfrüchte	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8
» » Flügelfrüchte	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9
Trichera atrorubens: Verbreitungseinheiten (ohne Kelch)	10	9	8	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0

Exp. 3. Exp. 3 unter *Iris ruthenica*.

Trichera orientalis.

Experimente.

Exp. 1. *Calendula arvensis* und *Trichera orientalis.* H. B. U. $19^{25}/_{7}03$. *Formica rufa-pratensis* I.
Sehr heiss, sonnig.

		Übriggeblieben									
$19^{25}/_{7}03$		3,13 Nm.	3,14	3,15	3,16	3,17	3,18	3,19	3,22	3,23	3,24	3,26
Calendula arvensis:	Hakenfrüchte	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
» »	Windfrüchte	10	9	9	9	9	9	8	8	8	8	8
» »	Larvenfrüchte	10	9	9	9	9	9	9	9	8	8	8
Trichera orientalis:	Verbreitungseinheiten	10	10	9	9	6	6	5	5	5	4	4

	Übriggeblieben																
$19^{25}/_{7}03$	3,27 Nm.	3,33	3,34	3,35	3,37	3,38	3,40	3,41	3,42	3,43	3,51	3,52	3,55	4,17	7,35	$^{26}/_{7}$	1,5 Nm.
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	7	7		5
	8	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7	6	6	5	2		1
	7	7	7	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	3	0		0
	4	4	3	3	3	3	3	2	1	0	0	2	0	0	0		0

Exp. 2. Exp. 3 unter *Symphytum officinale.*

Trichera silvatica.

Experimente.

Exp. 1. *Carex pallescens*, *Melampyrum nemorosum* und *Milium effusum.* Skabbholmen. $19^{18}/_{7}01$. *Trichera silvatica.* H. Berg. $19^{17}/_{7}01$.
Formica rufa I.

		Übriggeblieben														
$19^{18}/_{7}01$		9,48 Vm.	9,58	10,0	10,2	10,3	10,4	10,7	10,11	10,13	10,16	10,19	10,23	10,26	10,30	10,45
Carex pallescens:	Verbreitungseinheiten	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9
Melampyrum nemorosum:	Samen	10	10	10	10	10	10	10	10	9	8	8	8	7	7	7
Milium effusum:	Verbreitungseinheiten	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8	8
Trichera silvatica:	»	10	9	8	7	6	5	4	3	3	3	2	1	1	0	0

	Übriggeblieben				
$19^{18}/_{7}01$	11,3 Vm.	11,18	11,20	12,20	1,9
	8	8	8	8	6
	5	5	5	2	2
	6	6	6	6	6
	0	0	0	0	0

Exp. 2. Exp. 1 unter *Nonnea alba*.

Der Triodia-Typus.

Gramineae.

Triodia decumbens.

Die Verbreitungseinheiten von *Triodia decumbens*, bei welchen, wie ich in meiner Spridningsbiologi nachgewiesen habe, die Basis des inneren Vorspelzes von zwei ölführenden Wülsten flankiert wird, zeigen eine deutliche, aber schwache Myrmekochorie. Die Experimente gegen *Festuca ovina* mit ihren, abgesehen von diesen Wülsten, ziemlich gleichartigen Verbreitungseinheiten sind hierfür am besten beweisend. Die Exp. 1 und 2 sind zu frühe abgebrochen. Die Natur der Wülste als Elaiosome geht aus Exp. 5 und 6 hervor. — Noch fehlt es indessen, obgleich meine Aufmerksamkeit darauf gerichtet gewesen, an Belegen dafür, dass eine Ameisenart in der Natur die Verbreitungseinheiten, die nach der Fruchtreife bald von den auswärtsgerichteten, niederliegenden Stengeln abfallen, einsammelt.

Experimente.

Exp. 1 (Sern., Spridningsbiologi 260). Exp. 1 unter *Centaurea Scabiosa.*

Exp. 2 (Sern., Spridningsbiologi 256). Exp. 3 unter *Trichera arvensis.*

Exp. 3 (Sern., Spridningsbiologi 282). *Festuca ovina*, *Melampyrum silvaticum*, *Scleranthus perennis* und *Triodia decumbens.* Klockarhyttan. $19^{14}/_{8}\,00$.

Formica rufa II.

Ziemlich heiss und sonnig.

	Übriggeblieben											
$19^{14}/_{8}\,00$	2,48 Nm.	2,50	2,51	2,52	3,0	3,2	3,4	3,5	3,10	3,12	3,20	3,35
Festuca ovina: Verbreitungseinheiten	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Melampyrum silvaticum: Samen	10	5	5	5	3	2	1	0	0	0	0	0
Scleranthus perennis: Verbreitungseinheiten	10	10	10	10	9	7	7	6	5	5	4	4
Triodia decumbens: »	10	10	8	7	7	5	5	5	4	2	1	1

Exp. 4. *Helleborus foetidus.* H. B. U. $19^{25}/_{7}\,01$. *Lathyrus pratensis* und *Triodia decumbens.* Klockarhyttan. $19^{28-29}/_{7}\,01$.

Formica exsecta I.

Warm, sonnig, windig.

		Übriggeblieben					
19 29/7 01	11,8 Vm.	11,19	11,20	11,21	11,22	11,23	11,24
Helleborus foetidus: Samen, unpräpariert	10	9	6	2	1	0	0
» : » mit entferntem Anhang	10	10	10	10	9	9	9
Lathyrus pratensis: Samen	10	10	10	10	10	10	10
Triodia decumbens: Verbreitungseinheiten	10	10	10	10	10	10	9

	Übriggeblieben																
19 29/7 01	11,25 Vm.	11,27	11,28	11,29	11,33	11,35	11,39	11,42	11,47	11,59	12,10	12,12	12,15	12,49	11,50	1,45	1,55	2,40
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	8	8	7	7	6	6	5	5	5	5	4	3	2	1	1	0	0
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	8	7	7	6	5	5	4	4	3	2	1	1	1	0	0	0	0	0

Exp. 5. Exp. 2 unter *Veronica panormitana.*

Exp. 6. *Festuca ovina* und *Triodia decumbens.* Klockarhyttan, Wegrand. 19 16/8 02.

Formica rufa II.

Sonnig, windig, ziemlich heiss.

		Übriggeblieben					
19 16/8 02	10,48 Vm.	10,49	10,51	10,52	10,53	10,54	10,45
Festuca ovina: Früchte mit ihren beiden Spelzen	10	10	10	10	9	9	9
Triodia decumbens: Verbreitungseinheiten, unpräpariert	10	9	7	6	6	5	4
» : » mit weggeschnittenem Basalteil wie im vorhergehenden Exp.	10	10	10	9	9	9	9

	Übriggeblieben																							
19 16/8 02	10,56 Vm.	10,57	10,58	10,59	11,0	11,2	11,3	11,4	11,11	11,15	11,18	11,25	11,31	11,34	11,37	11,42	11,45	12,20	12,32	12,43	12,55	1,18	5,27	5,59	8,5
	9	9	8	8	8	8	8	8	8	7	7	7	6	5	5	4	4	4	3	3	3	2	2	1	1
	4	4	4	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	7	7	7	7	7	6	6	6	6	5	4	3	3	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0

Die Ameisen in sehr intensiver Tätigkeit.

Verbreitungseinheiten, die angeblich durch Mimicry Ameisen anlocken.

Verschiedene Verbreitungseinheiten zeigen eine auffallende Ähnlichkeit mit Insekten. Man hat gemeint (cfr. p. 3—4), dass in gewissen Fällen diese *Mimicry* im Dienste der myrmekochoren Verbreitung stehe.

Bekanntlich hat A. N. Lundström die grosse Ähnlichkeit nachgewiesen, welche die Samen von *Melampyrum pratense* mit Ameisenskokons hat, und er nimmt auf Grund einer Reihe von Tatsachen an, dass durch diese Mimicry die Ameisen dazu verlockt werden, sie einzusammeln. Die eigentümlichen, an *Microlepidopteren*-larven erinnernden Früchte, die einige heterokarpe *Calendula*-Arten auszeichnen, locken nach demselben Autor durch diese ihre Ähnlichkeit teils Vögel an, die sie verschlucken, teils Ameisen, die sie transportieren. Auch Ähnlichkeit mit Blattläusen, die wie bekannt von den Ameisen transportiert werden, soll sich bei gewissen *Melilotus*-Früchten finden, von welch letzteren er ein Exemplar von einer Ameise hat tragen sehen.

F. Ludwig, der konstatierte, dass die Ameisen die Samen von *Helleborus foetidus* aufsuchen und umhertragen, meint, dieses hänge davon ab, dass die Samen gewissen Käferlarven gleichen.

Ob die Ameisen sich indessen wirklich durch diese Ähnlichkeit täuschen lassen, darüber sind die Ansichten sehr geteilt. Eine Reihe von Forschern, z. B. Hildebrand,[1] stellt sich völlig abweisend, während andere, z. B. mehrere Lehrbücherverfasser, die Ansicht Lundströms bezüglich der *Melampyrum*-Samen als völlig bewiesen annehmen. Die schwebende Lage der Frage beruht natürlich darauf, dass ihre empirische Unterlage noch allzu schwach ist.

Selbst habe ich in meiner Spridningsbiologi versucht, diese Unterlage zu verstärken, und habe hierbei auch die Vermutung ausgesprochen, dass die *Polygala*-Samen und die *Trichera*-Verbreitungseinheiten möglicherweise wegen ihrer allgemeinen

[1] Über Ähnlichkeiten im Pflanzenreiche.

Ähnlichkeit mit behaarten Insektenlarven mit in Betracht zu ziehen wären. Das Endergebnis war indessen, dass ich als meine Meinung aussprach, dieses ganze Kapitel der eventuellen myrmekochoren Mimicry verdiene eine neue, eingehende Erörterung. Ich bin nun durch fortgesetzte Beobachtungen und Experimente auf diesem so schwer zu bearbeitenden Gebiete in der Lage, mich etwas bestimmter auszusprechen:

Bisher liegt kein bestimmtes Zeugnis dafür vor, dass Mimicry an und für sich eine Ameisenart dazu verlocken könnte, eine Verbreitungseinheit zu transportieren. Vielmehr scheint die Myrmekochorie der Melampyrum- und Helleborus foetidus-Samen völlig durch die Elaiosome erklärbar zu sein, mit welchen sie in Übereinstimmung mit so vielen anderen Myrmekochoren ausgerüstet sind. In Übereinstimmung mit diesem Ergebnis stelle ich im folgenden die Melampyrum- und Helleborus-Samen zu dem Viola odorata-Typus. Die Melilotus-Früchte und die Calendula-Larvenfrüchte sind nicht myrmekochor.

Melampyrum.

Der grössere Teil meiner Beobachtungen bezieht sich auf *Melampyrum pratense*, bei dessen Samen auch durch LUNDSTRÖM und ADLERZ zuerst die Myrmekochorie festgestellt wurde; wie aber die Experimente mit *M. nemorosum* und *M. silvaticum* zeigen, dürfte kein Zweifel darüber herrschen, dass auch sie myrmekochore Samen haben.

Hauptsächlich in Nerike und Uppland, mehr zufällig in anderen Teilen von Schweden und Finnland, habe ich seit 1898 meine Beobachtungen über die Verbreitungsbiologie dieser Art angestellt (für die Untersuchungen der ersten Jahre vgl. Spridningsbiologi 242—243). In diesen Provinzen kann man die ersten Ameisen mit *Melampyrum*-Samen Anfang August oder Ende Juli sehen (bei Klockarhyttan z. B. 1899 *Formica rufa-pratensis* am 30. Juli und am folgenden Tage *Formica rufa*; der heisse Sommer 1901 mit seiner Dürre verzögerte etwas die Samenentwicklung, weshalb der erste Transport erst am 3. August (*Formica rufa*) bemerkt wurde, während dieselbe in dem feuchten Sommer 1903 schon am 31. Juli (*Formica rufa*) begann). Die Ameisenart ist in den meisten Fällen *Formica rufa*, sodann *F. exsecta*. Mehr ausnahmsweise habe ich *Lasius niger*, *Myrmica lobicornis* und *Formica rufibarbis* beobachtet. Die frühesten Aufzeichnungen darüber, welche Ameisenarten *M. pratense*-Samen transportieren, diejenigen von ADLERZ aus Öland und Östergötland, gelten *Myrmica ruginodis* und *Lasius niger*. ADLERZ fand die Samen teils im Innern der Baue, teils sah er, wie sie hineingetragen wurden. Selbst habe ich sie *mit angefressenen Elaiosom* im Auwurfsgut vor den Eingangsöffnungen zu Bauen von *Formica rufibarbis* (Klockarhyttan, Kräuterflur. $19^{13}/_{8}01$) und *Myrmica lobicornis* (Klockarhyttan, Haferfeld. $19^{24}/_{8}01$) gesehen.

Wegen der Grösse und der in frischem Zustande auffälligen Farbe der Samen sind die Transporte in der Natur sehr leicht zu beobachten. Von den Experimenten lässt sich im allgemeinen sagen, dass sie einen deutlichen, aber nicht hohen Grad von Myrmekochorie zeigen; sie ist z. B. geringer als bei *Polygala vulgaris*, *Anchusa arvensis*, *Centaurea Jacea* und *Nonnea rosea*; *M. nemorosum* zeigt

ähnlich geringere Myrmekochorie als *Trichera arvensis*, *Mercurialis perennis* und *Veronica panormitana*; *M. silvaticum* geringere als *Centaurea Cyanus*.

Wir kommen nun zu der wichtigen Frage, was es sei, das die Myrmekochorie dieser Samen bedingt. Wenn man den Anhang selbst wegpräpariert, so erhält man in vergleichenden Experimenten ein ziemlich ungleichartiges Resultat. Von 9 Experimenten wurden in 6 (Exp. 1, 3 und 10 mit *M. pratense* und Exp. 1, 3 und 4 mit *M. silvaticum*) die unpräparierten Samen vor den solchermassen präparierten weggenommen, in 3 aber (Exp. 2, 4 und 9 unter *M. pratense*) erhielt ich ein entgegengesetztes Resultat. Sollte also Mimicry die Myrmekochorie verursachen, so scheint der Anhang, dem man hierbei eine grosse Bedeutung zugesprochen hat, für die Sinne der Ameisen die Ähnlichkeit wenig zu beeinträchtigen. Ist aber der Anhang ein Elaiosom — vgl. Exp. 4 mit *M. pratense* und Exp. 3 mit *M. silvaticum*, deren isolierte Anhänge mit ihren ölführende Zellen relativ bald weggenommen wurden — so erheben sich auch Schwierigkeiten bei der Erklärung der Erscheinung. Es ist kaum hinreichend, sich auf die technischen Hindernisse zu berufen, die sich dem Versuche, ölfreie Wundflächen an den präparierten Samen zu erzielen, entgegenstellen. Bei anderen Verbreitungseinheiten, deren Präparation gelingt, bleibt nämlich keine so ausgesprochene Myrmekochorie bestehen. Es erübrigt noch nachzusehen, ob Öl in anderen Teilen der präparierten Samen vorhanden ist. Es zeigt sich denn auch bei näherer Untersuchung, dass, wie es z. B. bei gewissen *Reseda*-Arten der Fall war, die Samenschale ölführend ist. Nimmt man auch diese fort, so verliert der eigentliche Samenkern viel von seiner Myrmekochorie. In 5 Experimenten wurden die unpräparierten Samen in 4 Fällen (Exp. 5, 9 und 10 mit *M. pratense*, Exp. 4 mit *M. silvaticum*) zuerst und in 1 (Exp. 6 mit *M. pratense*) ungefähr gleichzeitig mit den Samenkernen eingesammelt. Am besten dürfte die Beziehung in Exp. 9 und 10 unter *M. pratense* und Exp. 4 unter *M. silvaticum* ausgedrückt sein, wo unpräparierte Samen anderen in beiderlei Weise präparierten Samen gegenübergestellt waren: beim völligen Verschwinden der ersteren war das Verhältnis zu den übriggebliebenen resp. 0 : 0 : 8, 0 : 1 : 5 und 0 : 2 : 8. Dass die Samenkerne selbst allmählich eingesammelt werden, dürfte davon abhängen, dass auch die äusseren Zellen des Endosperms etwas Öl enthalten.

Die Myrmekochorie der *Melampyrum*-Samen kann also ohne die Mimicry-Theorie durch ihren Elaiosomapparat erklärt werden, der mit einer Reihe von Formen des *Viola odorata*-Typus übereinstimmt, zu dem ich sie nunmehr definitiv stelle.

Melampyrum nemorosum.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 1 unter *Trichera silvatica*.
Exp. 2. Exp. 1 unter *Veronica panormitana*.

Melampyrum pratense.

Experimente.

Exp. 1 (Sern., Spridningsbiologi 275). *Melampyrum pratense.* Klockarhyttan. $18^{20}/_{8}$ 99.

Formica exsecta I.

Schönes Wetter oder halbklarer Himmel.

	Übriggebliebenen									
$18^{20}/_{8}$ 99	3,0 Nm	3,20	4,0	6,0	8,10	$^{21}/_{8}$	10,0 Vm.	12,0	6,35	8,0
Melampyrum pratense: Samen, unpräpariert . . .	10	10	10	6	6		1	1	0	0
» » mit entferntem Anhang	10	9	9	5	5		5	5	4	4

Exp. 2 (Sern., Spridningsbiologi 275). Exp. 4 unter *Trichera arvensis.*

Exp. 3 (Sern., Spridningsbiologi 254). Exp. 1 unter *Polygala vulgaris.*

Exp. 4. *Melampyrum pratense* und *Calluna vulgaris.* Klockarhyttan. $19^{7}/_{8}$ 01.

Formica exsecta I.

	Übriggebliebenen																
$19^{7}/_{8}$ 01	5,24 Nm.	5,27	5,39	5,42	5,52	6,14	6,33	6,39	6,48	6,58	7,12	7,34	8.5	8,24	$^{8}/_{8}$	9,59 Vm.
Melampyrum pratense: Samen, unpräpariert	10	9	9	8	8	8	6	6	6	6	6	6	5	5		0
» » » mit entfernt. Anhang	10	10	9	9	8	7	7	6	5	2	1	1	1	1		0
Melampyrum pratense: Anhänge	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	6		0
Calluna vulgaris: Verbreitungseinheiten vom vorigen Jahre	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		10

Exp. 5. Exp. 1 unter *Anchusa arvensis.*

Exp. 6. Exp. 2 unter *Nonnea rosea.*

Exp. 7. Exp. 2 unter *Centaurea Jacea.*

Exp. 8. *Impatiens noli tangere.* Klockarhyttan. $19^{7}/_{9}$ 01. *Melampyrum pratense.* Ibidem. $19^{10}/_{9}$ 01.

Formica rufa II.

	Übriggebliebenen																			
$19^{10}/_{9}$ 01	10,15 Vm.	10,16	10,17	10,18	10,19	10,20	10,22	10,24	10,25	10,27	10,31	10,32	10,33	10,38	10,43	11,2	11,38	12,5	1,12	1,43
Impatiens noli tangere: Samen	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8	8	7	6	5	5	4	3	1	0
Melampyrum pratense: Samen	10	9	8	7	6	5	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Exp. 9. *Melampyrum pratense.* Klockarhyttan. $19^{4}/_{9}$ 02.

Formica rufa II.

		Übriggebliebenen							
	19 4/9 02	6,0 Nm.	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8
Melampyrum pratense: Samen, unpräpariert		10	8	8	7	6	5	4	1	1
: mit entferntem Anhang		19	9	9	6	4	2	1	0	0
: Samenkerne		10	10	10	10	10	10	9	9	8

	Übriggebliebenen							
19 4/9 02	6,9	6,23	6,24	6,47	6,48	7,25	7,45	7,53
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	8	7	7	6	6	5	4

Exp. 10. *Lathyrus pratensis* und *Melampyrum pratense.* Klockarhyttan. 19 4/9 03. *Formica rufa* II.
Windig, halbklar, ziemlich heiss.

		Übriggebliebenen								
	19 4/9 03	11,11 Vm.	11,14	11,15	11,19	11,20	11,21	11,22	11,25	11,26
Lathyrus pratensis: Samen		10	10	10	10	10	10	10	10	10
Melampyrum pratense: Samen, unpräpariert		10	9	9	9	8	8	8	8	7
: » mit entferntem Anhang		10	10	9	8	8	7	7	5	4
: Samenkerne		10	10	10	10	10	10	9	9	9

	Übriggebliebenen																			
19 4/9 03	11,27 Vm.	11,28	11,29	11,33	11,35	11,37	11,39	11,44	11,45	11,46	11,47	11,48	11,49	11,51	11,57	12,30	1,50	3,8	6,22	7,20
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	7	7
	6	4	4	3	2	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	9	8	8	7	6	6	5	5	5	5	4	4	1	0	0	0	0	0	0

Melampyrum silvaticum.

Experimente.

Exp. 1. (SERN., Spridningsbiologi 256). Exp. 3 unter *Trichera arvensis.*
Exp. 2. (SERN., Spridningsbiologi 267). Exp. 3 unter *Triodia decumbens.*
Exp. 3. Exp. 3 unter *Centaurea Cyanus.*
Exp. 4. *Melampyrum silvaticum.* Klockarhyttan, Birkenwald. 19 5/9 02. *Formica rufa* II.
Windig, halbbewölkt.

		Übriggebliebenen										
	19 5/9 02	12,23 Nm.	12,25	12,26	12,27	12,28	12,29	12,30	12,31	12,32	12,33	12,36
Melampyrum silvaticum: Samen, unpräpariert		10	10	9	8	8	8	8	7	7	5	5
» » : » mit entferntem Anhang		10	10	9	7	6	6	4	4	4	3	3
» » : Samenkerne		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

	Übriggebliebenen																						
19 5/9 02	12,37 Nm.	12,39	12,40	12,47	12,48	12,49	12,52	12,53	12,55	12,56	12,57	1,8	1,9	1,10	1,11	1,12	1,13	2,1	2,2	2,38	3,18	5,15	5,33
	4	4	3	3	3	3	3	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8	7	7	6	4	1	1	0

Helleborus.

Ludwig war es, der Ende der 1890er Jahre zuerst die Aufmerksamkeit darauf lenkte, dass die Samen von *Helleborus foetidus* von Ameisen aufgesucht würden. Er fand, — seine Untersuchungen stellte er im Rhônetal an — dass die abwärtsgerichteten Früchte sich an der Bauchnaht öffneten und die im Verbande zusammensitzenden Samen herausliessen, welche Verbände nach L. gewissen oben schwarzen, unten weissen, stark gegliederten Käferlarven täuschend ähnlich sähen. Diese Ähnlichkeit sollte bewirken, dass die Ameisen zahlreich dorthin gelockt würden und sich gierig über die zerfallenden Verbänden würfen, um dann die Samen umherzuschleppen und zu verbreiten.

In der Natur habe ich niemals Gelegenheit gehabt, eine *Helleborus*-Art während der Samenverbreitung zu studieren, die hier bei den europäischen Arten im Vor- und Hochsommer einzutreffen scheint. Im H. B. U. waren z. B. am 7. Juli 1901 *Helleborus purpurascens* (1905 am 30. Juni) und *H. viridis* seit einigen Tagen in voller Samenverbreitung, *H. graveolens* hatte eben die ihre begonnen, wogegen die Kapseln von *H. foetidus* noch unreif waren. In demselben Garten pflegen die Kapseln der 3 erstgenannten Arten schon im Laufe des August leer zu sein, während die Samenverbreitung der letztgenannten Art von Ende Juli bis Anfang September dauert.

Auf dem M. Ventoux, in der Eichenregion, in einem Gestrüpp von *Juniperus*, *Crataegus*, *Quercus* und *Thymus vulgaris* habe ich auf einem Erdbau von *Formica rufibarbis* eine dichte Ansiedelung von *Helleborus foetidus*-Keimpflanzen gesehn, die offenbar von durch die Ameisen erst eingesammelten und dann hin ausgeworfenen Samen herstammten ($19^{21}/_{5}$ 02). — Im H. B. U. auf Gängen nahe der *Helleborus*-Parzellen habe ich $19^{16}/_{7}$ 01 3 *Myrmica laevinodis* mit *H.*-Samen, vermutlich *H. purpurascens*, notiert, und im H. B. Genuens $19^{25}/_{5}$ 03 ebenfalls ein paar Ameisen mit Samen dieser Art.

Trüge die Mimicry dazu bei, den Samen von *Helleborus foetidus* (oder einer anderen Art) Anziehungskraft zu verleihen, so muss dieses, wie die Experimente zeigen, nicht nur für die Verbände, sondern auch für die einzelnen Samen gelten. Nach einer solchen Mimicry zu suchen, nur um die Myrmekochorie zu erklären, dürfte unnötig sein, wenn man die »weisse Nabelschwiele» studiert, mit der die Samen versehen sind. Sie ist ein an und für sich myrmekochores Elaiosom (Exp. 1), und ihre sorgfältige Entfernung verzögert, wie Exp. 3, 4 und 5 zeigen, das Einsammeln der Samen. Auch andere *H.*-Arten, besonders *H. corsicus*, verhalten sich auf dieselbe gleiche Weise. — Dagegen ist bei *H. graveolens*, *H. purpurascens* und *H. viridis* das Elaiosom sehr schwach ausgebildet und so mit der Samenschale verschmolzen, dass eine Präparierung hier nicht stattfinden kann. Die Experimente zeigen einen ziemlich hohen Grad von Myrmekochorie. Liesse sich Ähnlichkeit mit einem Insekt nachweisen, so könnte ja möglicherweise diese mit gewissem Rechte als die Ursache derselben vermutet werden.

Helleborus corsicus.

Experimente.

Exp. 1. *Helleborus corsicus.* H. Berg. $19^{17}/_{7}01$.
Formica rufa I.
Sonnig, heiss.

		Übriggebliebenen														
$19^{18}/_{7}01$	5,29 Nm.	5,30	5,31	5,32	5,33	5,35	5,36	5,40	5,41	5,42	5,43	5,46	5,58	6,0	6,12	6,15
Helleborus corsicus: Samen, unpräpariert	10	9	9	8	6	6	5	5	4	3	2	1	1	1	0	0
: mit entferntem Elaiosom	10	10	9	7	6	6	6	6	6	5	4	3	2	1	1	0

Helleborus foetidus.

Experimente.

Exp. 1. (SERN., Spridningsbiologi 264). Exp. 1 unter *Chelidonium majus.*
Exp. 2. (SERN., Spridningsbiologi 266). *Dimorphotheca pluvialis* und *Helleborus foetidus.* H. B. U. $19^{5}/_{9}00$.
Formica rufa-pratensis I.
Windig, Sonnenschein.

	Übriggebliebenen								
$19^{5}/_{9}00$	2,38 Nm.	2,40	2,41	2,43	2,44	2,45	2,46	2,55	3,37
Dimorphotheca pluvialis: Larvenfrüchte . .	10	10	10	10	10	9	9	9	4
: Flügelfrüchte . .	10	10	10	10	10	10	10	10	8
Helleborus foetidus: Samen	10	9	7	4	2	1	1	0	0

Exp. 3. Exp. 1 unter *Allium ursinum*.
Exp. 4. Exp. 4 unter *Triodia decumbens*.
Exp. 5. *Helleborus foetidus*. H. B. U. $19^{25}/_{7}01$. *Vicia sepium*. $19^{29}/_{7}01$. *Formica rufa* II.
Heiss, sonnig, windig.

	Übriggeblieben															
$19^{29}/_{7}01$	1,26 Nm.	1,27	1,28	1,29	1,30	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,38	1,50	3,25	5,6	5,37	8,12
Helleborus foetidus: Samen, unpräpariert	10	10	9	6	5	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
» » : » mit entferntem Elaiosom	10	9	8	6	5	4	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0
Vicia sepium: Samen	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	7	6	6

Exp. 6. Exp. 3 unter *Thesium alpinum*.

Helleborus graveolens.

Experimente.

Exp. 1. *Helleborus graveolens* und *H. viridis*. H. B. U. $19^{9}/_{7}01$.
Formica rufa-pratensis I.
Sonnig, sehr heiss, stark windig.

	Übriggeblieben															
$19^{9}/_{7}01$	1,30 Nm.	1,31	1,34	1,38	1,39	1,40	1,42	1,44	1,45	1,47	1,48	1,49	1,50	1,55	1,56	1,57
Helleborus graveolens: Samen	10	9	8	8	7	7	7	6	6	5	5	4	3	2	1	0
viridis: »	10	10	10	9	7	6	5	5	4	4	2	2	1	1	0	0

Exp. 2. *Helleborus graveolens*. H. B. U. $19^{10}/_{7}01$. *Thymus Serpyllum*. Uppsala. $19^{10}/_{7}01$.
Formica rufa-pratensis I.
Sehr heiss, Sonnenschein, Windstille.

	Übriggeblieben											
$19^{10}/_{7}01$	1,26 e.m.	1,27	1,36	1,38	1,44	1,46	1,47	1,48	1,59	2,6	2,53	7,59
Helleborus graveolens: Samen	10	9	8	7	6	5	4	3	3	3	3	0
Thymus Serpyllum: Fruchtkelche	10	10	10	10	10	10	10	10	9	8	8	7

Exp. 3. *Carex glauca* und *Helleborus graveolens*. H. B. U. $19^{5}/_{7}05$.
Formica rufa III.
Ziemlich heiss, windig.

		Übriggeblieben													
$19\,^{8}/_{7}\,05$	$\frac{6{,}36}{\text{Nm.}}$	6,39	6,50	6,52	7,1	7,19	7,20	7,23	7,24	7,25	7,28	7,34	7,39	8,4	8,5	8,21	9,29
Carex glauca: Verbreitungseinheiten	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	8	8	8	8	5
Helleborus graveolens: Samen	10	9	8	7	6	6	5	4	4	3	2	2	2	2	1	1	0

Helleborus purpurascens.

Experimente.

Exp. 1. (SERN., Spridningsbiologi 271). *Helleborus purpurascens.* H. B. U. $19\,^{16}/_{7}\,00$.

Lasius niger I.

Ziemlich warm.

	Übriggeblieben							
$19\,^{16}/_{7}\,00$	7,50 Nm.	7,54	7,55	7,58	8,0	8,5	8,8	8,15	8,25
Helleborus purpurascens: Samen	10	9	8	7	6	5	4	2	0

Exp. 2. Exp. 5 unter *Lamium album.*

Exp. 3. Exp. 1 unter *Polygonum capitatum.*

Exp. 4. Exp. 3 unter *Arenaria muscosa.*

Helleborus viridis.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 2 unter *Chelidonium majus.*

Exp. 2. Exp. 1 unter *Helleborus graveolens.*

Calendula.

Während zweier Jahre habe ich Gelegenheit gehabt, die Fruchtverbreitung von ein paar *Calendula*-Arten in der Natur zu verfolgen. Diese Beobachtungen habe ich in verschiedenen botanischen Gärten noch weiter komplettieren können.

Die eine Art ist *Calendula arvensis.* In Montpellier und Umgegend ist sie ein gewöhnliches Ackerunkraut. Die ersten Blütenkörbe beginnen ihre Früchte schon Ende März fallen zu lassen, und noch Mitte Juni, als ich die Gegend verliess, fanden sich Körbe mit Blüten in der Anthese (1902). Gegen das Ende der Postfloration wird der obere Teil des Blütenkorbstieles von dem Fruchtstande niedergebeugt, so dass dieser also bei der Fruchtverbreitung abwärtsgerichtet ist. Kurz nachdem diese eingetreten, fallen die meisten Früchte zu Boden. (Bei der echten *C. officinalis* bleiben die Körbe auch während der Fruchtverbreitung aufrecht.)

Ich widmete diesen auf dem Boden liegenden Früchten grosse Aufmerksamkeit, um zu sehen, ob die Ameisen sich um sie kümmerten oder nicht. Hierbei erhielt ich auch ein paar positive Resultate. Auf der Parzelle im H. B. Monsp., wo *Calendula arvensis* gezogen wurde, beobachtete ich Ende März und Anfang April die kleine *Pheidole pellucida* einigemale, wie sie sich mit den auf dem Boden liegenden Früchten zu schaffen machte. Drei einzelne Male sah ich sie mit grosser Beschwerde insgesamt 4 Larvenfrüchte schleppen, aber nur einen oder ein paar Zentimeter weit. An einem Ackerrande vor der Stadt trug *Aphaenogaster barbara* $19^{25}/_{5}02$ 1 Larven- und 1 Hakenfrucht. Die Mutterpflanze derselben stand nur 1,5 m entfernt. Da, wie im folgenden näher erörtert werden soll, die *Aphaenogaster*-Arten so gut wie alle möglichen Arten von Samen und Früchten sammeln, die sie nur antreffen, bedeutet dieses jedoch an und für sich nichts.

Die mit *Lasius niger*, *Aphaenogaster barbara* und *Formica rufa-pratensis* angestellten Experimente zeigen auch keine Myrmekochorie, ausser möglicherweise bei der mittleren Art (Exp. 2). Man sieht allerdings in vergleichenden Experimenten eine sehr schwache Bevorzugung der Larvenfrüchte vor den Wind- und Hakenfrüchten, dies ist aber leicht daraus zu erklären, dass es den Ameisen bedeutend leichter ist, jene zu transportieren, als die anderen Fruchtarten.

Die andere Art studierte ich im Frühling 1903 in den Umgebungen von Palermo, wo sie auf Weideland und in Felsspalten wuchs. Von den italienischen Botanikern wird sie zu *Calendula officinalis* gestellt, da sie aber mit Haken-, Flügel- und Larvenfrüchten ausgerüstet ist, aber die echte *C. officinalis* der erstgenannten entbehrt, so dürfte sie zu den wahrscheinlich hybridogenen formae *hortenses*[1] zu stellen sein.

Es gelang mir nicht, in der Natur zu sehen, ob Ameisen die Früchte der Pflanze aufnähmen, die vom 9. April an bis Ende Mai zu Boden fielen — blühende Körbe waren noch Ende Mai zu sehen, als ich Palermo verliess. Nur in dem Auswurfsgut vor *Aphaenogaster barbara*-Bauen auf Wiesenboden am Fusse des Monte Pellegrino fand ich unter einer Menge anderer Früchte und Samen einige Haken- und Larvenfrüchte derselben ($19^{15}/_{5}03$). Ebenso wenig zeigten die Experimente mit *Lasius niger* irgendwelche Myrmekochorie der Larvenfrüchte, wenn diese auch, wie das bei der vorigen Art der Fall war, *etwas* schneller aus den Depots weggeholt wurden als die anderen Fruchtarten.

Wenn die Ameisen die Haken- und Larvenfrüchte betasten und ergreifen, so packen sie sie gewöhnlich an der kleinen dorsalen Emergenz der Fruchtbasis. Dieselbe ist jedoch keineswegs ein Elaiosom, sondern von demselben anatomischen Bau wie das übrige Exokarp mit grossen Drusen von Kalciumoxalat in den Epidermiszellen.

Die wirkliche Bedeutung der verschiedenen Fruchtarten im Leben der *Calendula*-Arten muss durch fernere Beobachtungen und Experimente klargestellt werden.

[1] Diesen Namen benutze ich vorläufig, auf den Rat des Herrn Prof. V. B. Wittrock.

Ob die sogenannten *Hakenfrüchte* der von mir untersuchten Arten wirklich als Vermittler epizoischer Verbreitung dienen, muss wohl unentschieden gelassen werden. Die Haken, die auf der Dorsalseite sitzen, bestehen aus ziemlich schwachen Härchen oder Emergenzen, die sich bei Experimenten als schlecht geeignet erweisen, die Frucht an einem Gegenstand festzuhalten. Dagegen habe ich gesehen, dass die *Windfrüchte* vortreffliche Bodenläufer sind. (Da solche von anderer Form sich z. B. bei *C. tripterocarpa* finden, wo sie mit drei längsgehenden Flügeln versehen sind, so können diese passend *Flügelfrüchte* und die Windfrüchte von *C. arvensis*, *C. officinalis* und *C. offic.* ff. *hortenses Kahnfrüchte* benannt werden). Die Funktion der Larvenfrüchte kennen wir nicht. Dass sie von Hühnern, Enten und zahmen Drosseln nicht gefressen werden, wissen wir durch Battendiers[1] Experimente; kaum liefern jedoch diese Experimente vollgiltige Beweise dafür, dass die Ähnlichkeit mit *Microlepidopter*-Larven die Ursache hiervon sie.

Sicher ist, dass die Larvenfrüchte von *C. arvensis*, *C. officinalis* und *C. offic.* ff. *hortenses* in höherem Grade um die Mutterpflanze selbst liegen bleiben als die Kahnfrüchte. Die Hakenfrüchte bleiben, worauf Lundström[2] zuerst hingewiesen, etwas länger im Korbe als die zentraler sitzenden Früchte. Hierdurch nähert sich *Calendula* einem unter den Kompositen gewöhnlichen Typus mit Heterokarpie, die eine verschiedenartigen Effektivität bei der Verbreitung der verschiedenen Fruchtarten zur Folge hat, ein Typus, bei dem die marginalen Früchte im Korbe sitzen bleiben, nachdem die zentralen abgefallen sind. In diesem Typus kommen grosse Variationen vor: bei *Pterotheca sancta* z. B. sind die marginalen Früchte, welche eigentlicher Verbreitungsanordnungen entbehren, mehr stationär als die mit prächtigem Flugapparat ausgerüsteten Mittelfrüchte, werden aber einzeln losgerissen; bei *Hedypnois cretica* z. B. lösen sich die dürren, hohlen Stengel an der Basis ab und fliegen mit den von der Hüllblättern umschlossenen Randfrüchten als bodenlaufende Verbreitungseinheiten (Mittelmeergebiet 1902—1903) weit umher.

Calendula arvensis.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 3 unter *Nonnea alba.*
Exp. 2. Exp. 2 unter *Borrago laxiflora.*
Exp. 3. Exp. 1 unter *Rosmarinus officinalis.*
Exp. 4. Exp. 3 unter *Borrago laxiflora.*
Exp. 5. Exp. 1 unter *Allium triquetrum.*
Exp. 6. Exp. 2 unter *Galeobdolon luteum.*
Exp. 7. Exp. 2 unter *Polygala monspeliaca.*
Exp. 8. Exp. 1 unter *Trichera orientalis.*

[1] Sur quelques cas d'hétéromaphime p. 244.
[2] Bestätigt eine Vermutung von Ascherson, Subflorale Achsen als Flugapparate p. 332.

Calendula officinalis f. hortensis.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 3 unter *Rosmarinus officinalis.*
Exp. 2. Exp. 4 unter *Theligonum Cynocrambe.*
Exp. 3. Exp. 2 unter *Lachenalia pendula.*
Exp. 4. Exp. 1 unter *Fedia Cornucopiae.*
Exp. 5. Exp. 4 unter *Allium triquetrum.*

Dimorphotheca pluvialis.

In Zusammenhang mit der *Calendula*-Frage verdient natürlich untersucht zu werden, ob die larvenähnlichen Früchte von *Dimorphotheca* myrmekochor sind oder nicht. Die Experimente sprechen ziemlich deutlich dagegen, wenn schon auch hier die Larvenfrüchte früher als die grossen Flügelfrüchte weggenommen werden (besonders deutlich in Exp. 3).

Während der Postfloration beugt der obere Teil des Blütenkorbstiels abwärts, so dass sich die Früchte aus den abwärtsgerichteten Körben entleeren. Bei Klockarhyttan sah ich einmal ($18^{11}/_{8}99$) einige derartige Fruchtsammlungen in vorgeschrittener Postfloration voll von kleinen Ameisen, welche die Spitze der Früchte palpierten.

Experimente.

Exp. 1 (Sern., Spridningsbiologi 266). Exp. 2 unter *Helleborus foetidus.*
Exp. 2. Exp. 2 unter *Fumaria officinalis.*
Exp. 3. Exp. 1 unter *Nonnea alba.*
Exp. 4. Exp. 2 unter *Trichera atrorubens.*
Exp. 5. Exp. 1 unter *Borrago officinalis.*

Melilotus.

An den *Melilotus*-Arten, die ich Gelegenheit hatte zu studieren, verhalten sich die Früchte während der Reife auf zweierlei Weise. Bei einigen, für welche *M. neapolitana* als Typus genommen werden kann, sind die Früchte aufrecht oder auswärtsgerichtet (*M. sulcata* und *M. italica*), bei anderen, deren Typus *M. officinalis*, sind sie hängend. Der erste Typus, bei dem man oft ungewöhnlich stark ausgebildete, oft in der Quere gerunzelte Fruchtwände antrifft, (*M. italica* usw.), und bei dem diese Fruchtwand, in Übereinstimmung mit dem, was man für eine Reihe Wüstenpflanzenfrüchte nachgewiesen hat, einen Schutz gegen Ausdörrung darstellen dürfte, zeigt keine Mimicry oder Myrmekochorie (vgl. die 3 Exp. mit *M. sulcata*). Bei dem zweiten Typus macht die ganze Infloreszenz, wenn eine grössere Anzahl Blüten zur Postfloration gekommen sind, wegen der Grösse, Farbe und Form der grünlichen,

relativ dünnwandigen Fruchtknoten und Früchte und wegen deren Lage dicht an der Infloreszenzachse sowie deren Verteilung über dieselbe, ferner auch wegen der zurückgebliebenen vertrockneten Reste der Blumenblätter und des Griffels auf mich den Eindruck, als wäre sie mit *Aphiden*-Kolonieen besetzt. Ob dies eine Bedeutung im Leben der Pflanze hat, ob es z. B. abschreckend auf pflanzenfressende Tiere wirkt, kann nur durch besonders daraufhin angestellte Beobachtungen und Experimente entschieden werden. In welchem Grade die isolierten Früchte als an Blattläuse erinnernd betrachtet werden können, häugt von der individuellen Auffassung ab. Die Experimente mit *M. officinalis* zeigen, dass die Ameisen ihnen geringe Aufmerksamkeit schenken. Im H. B. U. hat LUNDSTRÖM, wie erwähnt, eine *Melilotus*-Frucht von einer Ameise transportieren sehen.

Melilotus officinalis.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 1 unter *Thesium alpinum.*
Exp. 2. Exp. 3 unter *Thesium alpinum.*
Exp. 3. Exp. 3 unter *Cirsium acaule.*

Melilotus sulcata.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 3 unter *Lachenalia tricolor.*
Exp. 2. Exp. 1 unter *Melica major.*
Exp. 3. Exp. 2 unter *Euphorbia Bivonae.*

Verbreitungseinheiten, die nur zufällig von Ameisen gesammelt werden.

Ein Rückblick auf alle diejenigen Verbreitungseinheiten, die sich nach den hier angeführten Untersuchungen als sicher myrmekochor erwiesen haben, lehrt uns also, dass ihre Myrmekochorie durch die Anhängsel bedingt ist, die ich Elaiosome genannt habe. Was die Aufmerksamkeit der Ameisen erregt, ist das fette Öl, das, wie die anatomischen Untersuchungen der folgenden Abteilung zeigen werden, fast immer in diesen Organen nachweisbar ist. Um dieses Öl zu erlangen, sammeln die Ameisen die ganzen Verbreitungseinheiten, wenn sie nicht, was zuweilen der Fall war bei *Euphorbia peploides* (vgl. Exp. 1 unter diesen Pflanze), das Elaiosom selbst abtrennen können; wenn man es abtrennt, wird es, wie die meisten diesbezüglichen Experimente dartun, von den Ameisen begierig erfasst.

Hierbei ist jedoch zu bemerken, dass die Ameisen sowohl in der Natur als auch in den Experimenten ausserdem, wenn auch im Vergleich zu den eigentlichen Myrmekochoren mit einigen Ausnahmen von so geringer Tragweite, dass man sie für zufällig erklären könnte, auch solche Verbreitungseinheiten sammeln, die jeglichen Elaiosoms entbehren oder, was in vielen der mitgeteilten Experimente der Fall war, desselben beraubt worden waren. Dieser von den Elaiosomen unabhängige Transport wird den Gegenstand der folgenden Darstellung bilden.

Von zwei Ameisenarten, *Camponotus herculaneus* und *C. cruentatus*, unter denen, die ich zu untersuchen Gelegenheit gehabt habe, kann man sagen, dass sie überhaupt keine Verbreitungseinheiten, nicht einmal die mit Elaiosomen ausgerüsteten sammeln.

Mit *C. herculaneus* machte ich am 19. August 1898 bei Skogstorp in Södermanland, Schweden, folgendes Experiment (Sern. Spridningsbiologi 274—275). Vor den Eingang eines in einer Kräuterflur gelegenen Nestes von *C. herculaneus* streute ich Samen von *Melampyrum pratense* aus. Die Ameisen ergriffen sie sofort und *trugen* sie 40 cm weit vom Eingange *fort*, worauf sie sie einen kleinen Abhang hinunterfallen liessen. Nur ein einziger Samen wurde in das Nest getragen. Andre Samen

legte ich auf die Pfade der Ameisen. Um diese kümmerten sie sich entweder gar nicht, oder sie betasteten nur flüchtig das Elaiosom. Heiss, sonnig, etwas windig.

Für *C. cruentatus* verweise ich auf Exp. 2 unter *Galanthus nivalis*.

Zwei andere Ameisenarten, *Aphaenogaster barbara* und *A. structor*, verhalten sich in gewissem Grade umgekehrt. Man kann sagen, dass diese Arten zu gewissen Zeiten Samen, und zwar jeder beliebigen Art, mit Leidenschaft sammeln. Dies erhellt auch aus Lespes' und Moggridges Untersuchungen und wird noch offenkundiger durch die Beobachtungen, die ich und andere Forscher in Frankreich und Italien über ihren Samentransport angestellt haben.

Im folgenden gebe ich ein Verzeichnis der Verbreitungseinheiten, die ich in der Umgegend von Montpellier *Aphaenogaster barbara* habe im Frühling und Vorsommer tragen sehen. Die mit einem Sternchen bezeichneten sah ich auch *A. structor* transportieren.

Ajuga Iva. Vgl. S. 102.
Allium triquetrum. Vgl. S. 28.
Avena barbata. Verbreitungseinheiten.
Borrago officinalis. Vgl. S. 93.
Calendula arvensis. Vgl. S. 171.
Carduus pycnocephalus. Vgl. S. 153.
**Cerastium* sp. Blüten in der Postfloration oder mit reifen Früchten.
Clupeola Jolantha. Früchte.
Erodium ciconium. Teilfrüchte.
» *cicutarium.* »
» *romanum.* »
Fumaria officinalis. Vgl. S. 78.
» *spicata.* Vgl. S. 82.
Geranium molle. Ein Same.
Hedypnois cretica. Früchte.
**Lamium amplexicaule.* Vgl. S. 109.
Medicago disciformis. Früchte.
» *minima.* »
» *tribuloides.* »
Nonnea nigricans. Vgl. S. 96.
Pinus halepensis. Samen.
**Platanus orientalis.* Früchte. Im Süden sind die Platanen ausgeprägte Wintersteher, bei denen im Laufe des ganzen Frühlings eine Fruchtkugel nach der andern sich auflöst. Schon Ende März (Rom $19^{25}/_{3}03$) oder Anfang April (Montpellier $19^{2}/_{4}02$) kann man auf Wegen und Strassen die charakteristischen Früchte, die der Wind zu kleinen Haufen zusammenfegt, von *Aphaenogaster barbara* und *A. structor* greifen

sehen, die sie massenweise in ihre Höhlen schleppen. Dieser Transport dauert bis in den Juni (Montpellier $19^{11}/_{6}02$).

Poterium Sanguisorba. Früchte.
**Pterotheca sancta.* Früchte.
**Rosmarinus officinalis.* Vgl. S. 111.
Salvia clandestina. Teilfrüchte.
Trifolium stellatum. Früchte mit Kelch.
**Veronica agrestis.* Vgl. S. 63.
* » *hederaefolia.* Vgl. S. 63.
Vitis vinifera. Samen.

Diejenigen Verbreitungseinheiten, die ich im April und Mai des folgenden Jahres in der Umgegend von Palermo von *Aphaenogaster barbara* transportieren sah, waren folgende:

Avena sativa. Verbreitungseinheiten.
Biscutella laevigata. Früchte.
Emex spinosa. Verbreitungseinheiten.
Erodium cfr *cicutarium.* Teilfrüchte.
» *romanum.* »
Euphorbia peploides. Vgl. S. 132.
» *peplus.* Vgl. S. 132.
Fedia Cornucopiae. Vgl. S. 150.
Fumaria capreolata. Vgl. S. 78.
Medicago sulcata. Früchte.
Mercurialis annua. Vgl. S. 134.
Parietaria lusitanica. Vgl. S. 87.
Picridium vulgare. Larvenfrüchte.
Platanus orientalis. Früchte.
Reseda odorata. Vgl. S. 45.
Rosmarinus officinalis. Vgl. S. 112.
Senecio vulgaris. Früchte.
Theligonum Cynocrambe. Vgl. S. 72.
Trifolium sp. Verbreitungseinheiten.
Umbelliferen. Früchte.
Veronica Cymbalaria. Vgl. S. 63.
» *panormitana.* Vgl. S. 63.

Jedenfalls ist *Aphaenogaster* gemeint, wenn Béguinot und Traversa[1] neuerdings aus Padua die von Ameisen transportierte Verbreitungseinheiten folgender Arten erwähnen:

Digitaria sanguinalis.
Eragrostis pilosa.
Lolium italicum.
Plantago lanceolata.

[1] Ricerche interno alle »Arboricole» della Flora Italiana S. 555.

Polygonum aviculare?
Ranunculus acer?
Rosmarinus officinalis, massenhaft.
Setaria glauca.
» *viridis.*
Spergularia rubra.
Vitis vinifera.

Die Menge der zu gewissen Zeiten von den beiden *Aphaenogaster*-Arten transportierten Verbreitungseinheiten ist höchst beträchtlich. Als ich mich in Südfrankreich aufhielt, waren sie am fleissigsten im Mai und im Anfang des Juni. Notizen über die damaligen Transporte finden sich in den Tabellen eines folgenden Kapitels.

Untersucht man indessen die Verzeichnisse aller dieser Verbreitungseinheiten, so wird man finden, dass ein relativ hoher Prozentsatz derselben mit Elaiosomen versehen ist. Experimente haben auch bewiesen, dass sich die *Aphaenogaster*-Arten den Myrmekochoren gegenüber ebenso verhalten wie die andern Ameisenarten, mit denen ich hauptsächlich experimentiert habe. Sie lassen sich deshalb auch ohne weiteres neben diesen als Material für die Feststellung der Myrmekochorie einer Verbreitungseinheit und ihrer Ursache benutzen. (*Aphaenogaster barbara*, Expp. 1 und 2 unter *Triteleia uniflora*, Exp. 2 unter *Hyacinthus orientalis*, Expp. 2 und 3 unter *Euphorbia Characias*, Expp. 1 und 2 unter *E. Lathyris*, Exp. 1 unter *Mercurialis perennis* sowie Exp. 2 unter *Polygala monspeliaca*. *A. structor:* Exp. 3 unter *Galanthus nivalis* sowie Exp. 1 unter *Ajuga Chamaepitys*).

Zu welchem Zwecke die *Aphaenogaster*-Arten diese Früchte und Samen, die sie in solchen Mengen in ihre unterirdischen Nester schleppen, benutzen weiss man eigentlich kaum. Dass sie, wie andere Ameisen, die Elaiosomen, wo sich solche finden, zernagen, davon habe ich mich überzeugt. So beobachtete ich ($19^{23}/_{4}02$) bei Montpellier neben dem Nest von *Aph. barbara* an einem Ackerrain unter den aus dem Nest herausgeschafften Dingen 42 *Veronica hederaefolia*-Samen mit abgenagten Elaiosomen und bei Palermo waren neben den Nesten derselben Art die Elaiosomen der massenhaft herausgeschafften Ameisenfrüchte von *Fedia* und die der Früchte von *Theligonum* immer zerfressen. Man hat vermutet, dass die Ameisen die Samen zum Keimen bringen, um die Säfte des Keimlings und den beim Mälzen gebildeten Zucker zu geniessen. In diesem Falle begehen sie aber bei der Samenerate eine ganze Reihe von Irrtümern, denn man sieht sehr häufig, dass sie ausser Früchten und Samen allerhand Splitter, Strohhalme und Blattfragmente tragen. Dass auch einige Verbreitungseinheiten aus Versehen mit hineingeschleppt werden, habe ich selbst gesehen. Im April und im Mai 1903 sah ich im H. B. Pan. dass die in Rede stehenden Ameisen nach verhältnismässig kurzer Zeit vor die Eingänge ihrer Wohnungen grosse Massen der *Platanus orientalis*-Früchte wieder herausschafften, die sie kurz vorher hineingetragen hatten (Vgl. S. 164). Diese herausgeschafften Früchte, die sie, wie es mir schein, dann ihrem Schicksal überliessen, waren durchaus intakt, so sassen z. B. die spröden, verästelten Haare noch unbeschadet da, die in so grosser Anzahl die untere Partie dieser Frucht bekleiden.

Was hier von unserer geringen Kenntnis des Gebrauchs gesagt ist, den die mittelländischen *Aphaenogaster*-Arten von ihrer Samenerate machen, gilt auch von der indischen Ameise *Pheidole providens* und den ackerbautreibenden amerikanischen *Pogonomyrmex*-Arten.

Wie sich die übrigen Ameisenarten, die in den Bereich meiner Untersuchungen fallen, beim Einsammeln von elaiosomlosen Verbreitungseinheiten verhalten, lässt sich gemeinsam erörtern. Die Ursache davon, dass sie, wenn auch mehr zufällig, solche Verbreitungseinheiten sammeln, ist nicht immer leicht zu entdecken. Ein grosser Teil der Beobachtungen galt *Formica rufa*, *F. rufa-pratensis* und *F. exsecta*, und dass diese sich in vielen Fällen nur Baumaterial für ihre Haufen verschaffen wollen, steht fest. In andern Fällen kann man annehmen, dass der Geruch des fetten Öls, das sich fast stets in dem Endosperm oder dem Embryo findet, durch die Samen oder Fruchtschale herausdringt, sofern dieselben nicht gradezu von diesem Öl imprägniert sind. — Zuweilen schaffen die Ameisen wohl Verbreitungseinheiten fort, weil dieselben ihre Wege sperren.

Im folgenden werde ich die in der Natur über den Transport solcher Formen gemachten Beobachtungen, sowie eine Reihe von Experimenten als Belege meiner Überzeugung, dass mehrere verschiedenartige Verbreitungseinheiten gar nicht oder nur in unbedeutenden Grade myrmekochor sind, anführen. Für diese Experimente habe ich teils die erstgenannten Verbreitungseinheiten, dann aber auch andere gewählt, die einige der wichtigsten verbreitungsbiologischen Typen darstellen. Besonders will ich bemerken, dass ich natürlich oft den Myrmekochoren andere systematisch naheverwandte Arten gegenübergestellt habe, deren Nicht-Myrmekochorie festzustellen mir für die vorhergehenden und die nachfolgenden Erörterungen wichtig schien. Die Anzahl der bei jeder Art vorgenommenen Experimente hat aus natürlichen Gründen geringer sein können als bei den Myrmekochoren.

Gramineae.

Anthoxanthum odoratum.

Im Hochsommer holt in Mittelschweden der Wind die Hauptmasse der Verbreitungseinheiten — die von den zwei Spelzen umgebenen Früchte — aus den Inflorescenzen heraus. Diese stark behaarten und glänzenden Verbreitungseinheiten werden zuweilen von vorbeipassierenden Ameisen aufgenommen (Sern., Spridningsbiologi 238).

Bei Klockarhyttan fing ich ($18^{10}/_{7}99$) am Rande eines nach SW. abschüssigen Birkenwäldchens neben einem *Lasius niger*-Haufen zahlreiche Exemplare dieser Ameisen, die *Anthoxanthum*-Verbreitungseinheiten schleppten. Auf der Oberfläche des aus feinem Sand und Humus aufgebauten Haufens lagen dieselben nun so zahlreich, dass auf einer Probefläche von 20 qcm nicht weniger als 22 zu zählen waren. In der

umgebenden Vegetation befand sich *Anthoxanthum* in der Verbreitung. — *Formica exsecta-pressilabris* wurde von mir im selben Jahre bei Klockarhyttan zweimal mit je einer Verbreitungseinheit wahrgenommen.

Experimente.

Exp. 1 (SERN., Spridningsbiologi 254). Exp. 1 unter *Polygala vulgaris.*
Exp. 2. Exp. 5 unter *Primula acaulis.*
Exp. 3. Exp. 4 unter *Carex pediformis.*

Calamagrostis arundinacea.

Bei Klockarhyttan wurde $18^{10}/_{8}\,99$ eine *Formica rufa* mit einer Verbreitungseinheit eingefangen (SERN., Spridningsbiologi 239).

Festuca ovina.

Die Verbreitungseinheiten sind teils Ährchen, teils Früchte mit den sie umgebenden zwei Spelzen. Ährchen habe ich von *Lasius niger* (Klockarhyttan $18^{10}/_{7}\,99$) und von *Formica truncicola-pratensis* (Umgegend von Uppsala, $18^{3}/_{9}\,98$) tragen sehen. (SERN., Spridningsbiologi 241.) Die Experimente umfassen beide Arten von Verbreitungseinheiten.

Experimente.

Exp. 1 (SERN., Spridningsbiologi 257). Exp. 2 unter *Lamium album.*
Exp. 2 (SERN., Spridningsbiologi 268). Exp. 3 unter *Triodia decumbens.*
Exp. 3. Exp. 6 unter *Triodia decumbens.*

Milium effusum.

Diese Art bildet einen unter den nordischen Gräsern recht selbständigen Samenverbreitungstypus. In der Postfloration beginnen die bisher wagerechten Achsen der Rispe zu erschlaffen. Bei der Fruchtreife sind die Ährchen abwärts gerichtet und die Hüllspelzen weit geöffnet. Die harten, glänzenden eiförmigen Verbreitungseinheiten, die aus den Früchten mit den sie dicht umgebenden Spelzen bestehen, fallen heraus, sobald der Halm auch nur in die leiseste Bewegung versetzt wird. Die ballistische Kraft des Halmes ist nicht gross, und die meisten Verbreitungseinheiten fallen in der allernächsten Nähe nieder. Die Fruchtreife ist recht schnell beendigt.

Geht man im Juli in Mittel- und Südschweden durch einen *Milium*-Bestand, der noch vor wenigen Wochen in der Blüte stand, so hört man die herabfallenden Verbreitungseinheiten förmlich rascheln (Uppland, Harparbol, Laubwiese, $19^{16}/_{7}\,05$; auf dem Billingen begann 1903 der Fruchtabfall am 13. Juli).

Die auf Myrmekochorie gerichteten Experimente ergeben ein negatives Resultat.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 2 unter *Trichera silvatica.*
Exp. 2. Exp. 2 unter *Veronica panormitana.*
Exp. 3. Exp. 4 unter *Myosotis sparsiflora.*

Secale cereale.

Während des langen Experimentes 6 mit *Triodia decumbens* gingen 5 *Formica rufa* mit je einem Roggenkorn, die aus einem Streuhaufen stammten, durch den sich die Ameisen einen Weg gebahnt hatten, dem Depot vorbei. Die Körner waren ein Jahr alt und ihr Endosperm stark umgewandelt. Um frische Roggenkörner kümmert sich diese Ameise, wie das folgende Experiment zeigt, gar nicht.

Experimente.

Exp. 1 (Sern., Spridningsbiologi 252.) Exp. 6 unter *Luzula pilosa.*

Cyperaceae.

Carex glauca.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 6 unter *Hepatica triloba.*
Exp. 2. Exp. 4 unter *Ornithogalum Kotschyanum.*
Exp. 3. Exp. 3 unter *Helleborus graveolens.*

Carex pallescens.

Experimente.

Exp. 1 (Sern., Spridningsbiologi 259). Exp. 8 unter *Luzula pilosa.*
Exp. 2. Exp. 2 unter *Trichera silvatica.*
Exp. 3. Exp. 1 unter *Iris ruthenica.*

Carex stricta.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 4 unter *Carex digitata.*
Exp. 2. Exp. 4 unter *Carex pediformis.*
Exp. 3. Exp. 3 unter *Ornithogalum Kotschyanum.*

Carex vesicaria.

Während des Exp. 3 unter *Cirsium acaule* und Exp. 3 unter *Viola Riviniana* passierten 4 *Formica rufa* mit je einer, wahrscheinlich vorjährigen Verbreitungseinheit.

Juncaceae.

Luzula campestris.

Experimente.

Exp. 1 (SERN., Spridningsbiologi 272). Exp. 3 unter *Puschkinia scilloides.*
Exp. 2. Exp. 2 unter *Veronica panormitana.*
Exp. 3. Exp. 3 unter *Viola Riviniana.*
Exp. 4. Exp. 5 unter *Viola arvensis.*

Luzula maxima.

Experiment.

Exp. 1. Exp. 1 unter *Melica uniflora.*

Liliaceae.

Allium neapolitanum.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 6 unter *Parietaria lusitanica.*
Exp. 2. Exp. 5 unter *Fumaria capreolata.*
Exp. 3. Exp. 4 unter *Allium triquetrum.*

Asphodelus acaulis.

Die grossen, stark mit Grübchen versehenen Samen dieser Pflanze von eigentümlich postfloraler Ausbildung, die weiter unten näher wird besprochen werden, sind, wie die Experimente beweisen, nicht myrmekochor.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 1 unter *Euphorbia serrata.*
Exp. 2. Exp. 5 unter *Carduus pycnocephalus.*

Scilla lilio-hyacinthus.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 6 unter *Veronica hederaefolia.*
Exp. 2. Exp. 2 unter *Fumaria spicata.*

Amentaceae.

Betula alba.

Die ausserordentlich reiche Produktion von Früchten liefert natürlich Beiträge zu dem Baumaterial der Ameisen. Bei Klockarhyttan habe ich 1898—1901 während des Fruchtabfalls Juli—August *Lasius niger*, *Formica exsecta* und *Tetramorium caespitum* als Träger gesehen.

Experimente.

Exp. 1 (Sern., Spridningsbiologi 256). Exp. 3 unter *Trichera arvensis.*
Exp. 2. Exp. 2 unter *Anchusa arvensis.*

Urticaceae.

Parietaria officinalis.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 2 unter *Parietaria lusitanica.*
Exp. 2. Exp. 4 unter *Fumaria capreolata.*
Exp. 3. Exp. 6 unter *Parietaria lusitanica.*

Polygonaceae.

Polygonum Convolvulus.

Diese Pflanze empfehle ich zur näheren Untersuchung. Die in Verbreitungseinheiten umgewandelten Blüten haben kein Elaiosom. Doch habe ich $19\,^{4}/_{9}02$ bei Klockarhyttan auf *Formica exsecta*-Haufen, auf der Grenze zwischen Mischwald und Ackerfeld, einige hundert Verbreitungseinheiten nebst frischen Blattfragmenten dieser Pflanze gesehen. Eine Ameise sah ich eine Verbreitungseinheit schleppen. Dicht neben dem Haufen wuchs ein kleiner Bestand von *Polygonum Convolvulus* nebst grösseren von *Poa compressa.* Am selben Tage waren auf dem *Formica rufa*-Haufen, Svinbacken, mehr als 10 Verbreitungseinheiten zu sehen. Einige Exemplare wuchsen am Rande des Haufens. Vgl. die Vegetation der Nachbarschaft, wie sie $18\,^{21}/_{8}99$ in die Karte eingetragen wurde. Fig. 1. *P. Convolvulus* hat extranuptiale Nektarien, die ich ($19\,^{15}/_{6}01$) bei Klockarhyttan kleinere Ameisenarten habe besuchen sehen.

Amaranthaceae.

Amaranthus retroflexus L.

In einem italienischen Garten, wo diese Pflanze dicht neben einem Ameisenhaufen wuchs, hat G. E. MATTEI zahlreiche Ameisen die Früchte derselben einsammeln sehen.

Caryophyllaceae.

Scleranthus perennis.

An einem Ackerrande, Klockarhyttan, wurde August 1899 *Formica exsecta* einige Male mit den in Verbreitungseinheiten umgewandelten Blüten gesehen. Die Experimente ergaben jedoch keine Myrmekochorie.

Experimente.

Exp. 1 (SERN., Spridningsbiologi 267). Exp. 3 unter *Triodia decumbens*.
Exp. 2. Exp. 2 unter *Nonnea alba*.

Stellaria Holostea.

Die Pflanze hat grosse, stark skulptierte und mit hohen Emergenzen versehene Samen, die nach der Reife schnell aus den offenen, abwärtsgerichteten Kapseln herausfallen. Die Experimente ergaben keine Myrmokochorie.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 2 unter *Corydalis nobilis*.
Exp. 2. Exp. 2 unter *Ornithogalum Kotschyanum*.
Exp. 3. Exp. 1 unter *Hyacinthus orientalis*.

Ranunculaceae.

Anemone nemorosa.

Ein Anlockungsmittel habe ich in den Früchten dieser *Anemone* nicht wahrnehmen können. Aber sowohl direkte Beobachtungen als auch vielleicht einige Experimente scheinen ihr jedoch einen gewissen Grad von Myrmekochorie nicht absprechen zu können; doch bedarf es hierfür noch fernerer Studien.

Besonders auffällig ist ihr Verhältnis zu *Myrmica laevinodis*. Fünf Jahre lang (1899—1903) habe ich bei Klockarhyttan (SERN., Spridningsbiologi 237) auf einem kleinen Gebiete eines Birkenhaines, wo sich diese Ameise aufzuhalten pflegte, gesehen, dass diese Ameisen während des Fruchtabfalles — letzte Hälfte des Juni bis zur ersten Hälfte des Juli — diese Früchte mit Begierde aufsuchen. Sonst habe ich nur einmal eine andere Ameisenart dieselben schleppen sehen; es war *Formica rufa*, die $19^{17}/_{6}05$ auf einer Wiese bei Klockarhyttan 1 Frucht trug.

Ihre Postfloration und ihr Fruchtabfall erinnern an diejenigen mehreren konstatierten Myrmekochoren. In der Postfloration biegt sich der obere Teil des Blütenstieles um, und der Fruchtstand ist während des sehr rasch beendigten Fruchtabfalles abwärtsgerichtet.

Die Experimente, in denen ich, ausser in Exp. 4 und 5, die dem Äussern nach sehr ähnlichen, aber mit Elaiosom versehenen Früchte von *Hepatica* mitgenommen habe, beweisen, dass letztere um vieles begehrlicher sind, wenigstens was *Formica exsecta* betrifft. Exp. 5 und 6, die unmittelbar aufeinander folgten und unter denselben äusseren Umständen stattfanden, lassen nicht vermuten, dass die Ameisen sich durch die Gegenwart von Früchten des Leberblümchens verlocken lassen, denen der *Anemone* grössere Aufmerksamkeit zu schenken.

Experimente.

Exp. 1 (SERN., Spridningsbiologi 250). Exp. 4 unter *Luzula pilosa*.
Exp. 2 (SERN., Spridningsbiologi 252). Exp. 6 unter *Luzula pilosa*.
Exp. 3 (SERN., Spridningsbiologi 253). Exp. 5 unter *Hepatica triloba*.
Exp. 4. Exp. 1 unter *Corydalis laxa*.
Exp. 5. *Anemone nemorosa*. Klockarhyttan. $19^{1}/_{7}$ 03.
Formica exsecta I.
Sonnig, heiss.

		Übrig geblieben										
$19^{1}/_{7}$ 03	9,26 Vm.	9,33	9,34	9,35	9.40	9,41	9,44	9,48	9,50	9,52	10,2	10,20
Anemone nemorosa: Früchte	10	9	8	7	7	5	4	3	2	1	1	0

Exp. 6. Exp. 7 unter *Hepatica triloba*.

Anemone ranunculoides.

Stimmt bezüglich Fruchtabfall und postfloraler Ausbildung mit der vorhergehenden nahe überein.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 2 unter *Viola suavis*.

Ranunculus auricomus.

Wie die obengenannten *Anemone*-Arten sind auch *R. auricomus* und *R. cassubius* Hainpflanzen und ausgeprägte Tachysporen (Vgl. Abteilung II). Die Infloreszenzachsen sind schwach gebaut und verwelken nach dem Fruchtabfall schnell. Einmal, $19^{17}/_{7}$ 02, habe ich in einer Laubwiese auf dem Kinnekulle während des Fruchtabfalls eine *Myrmica laevinodis* mit einer Frucht der erstgenannten gesehen. Die Experimente zeigen jedoch bei keiner der beiden Arten irgendwelche Myrmekochorie.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 2 unter *Viola suavis.*
Exp. 2. Exp. 2 unter *Chionodoxa Luciliae.*
Exp. 3. Exp. 2 unter *Waldsteinia geoides.*

Ranunculus cassubicus.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 2 unter *Corydalis nobilis.*
Exp. 2. Exp. 2 unter *Viola suavis.*

Resedaceae.

Reseda alba.

Hier sind einige Experimente mit Samen von *R. alba* und *R. luteola* mitgeteilt. Sie sind im allgemeinen den Samen anderer Arten der Gattung gegenübergestellt, um zu zeigen, dass letztere myrmekochor sind.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 4 unter *Reseda odorata.*
Exp. 2. Exp. 2 unter *Lachenalia tricolor.*
Exp. 3. Exp. 1 unter *Nemophila insignis.*

Reseda luteola.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 3 unter *Reseda Phyteuma.*
Exp. 2. Exp. 5 unter *Reseda Phyteuma.*
Exp. 3. Exp. 7 unter *Reseda Phyteuma.*

Rosaceae.

Potentilla paradoxa.

Experimente.

Exp. 1. *Potentilla paradoxa* und *P. rupestris.* H. B. U. $19^{26}/_{7}03$.
Formica exsecta I.
Sonnenschein, windig, Boden sehr nass.

	Übriggeblieben			
$19^{2}/_{8}03$	1,18 Nm.	1,50	2,56	7,12
Potentilla paradoxa: Früchte . . .	10	10	9	9
» *rupestris:* » . . .	10	10	10	10

Exp. 2. Exp. 5 unter *Myosotis sparsiflora.*

Potentilla rupestris.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 3 unter *Adonis vernalis.*

Exp. 2. *Potentilla rupestris*, *P. thuringiaca* und *Primula elatior.* H. B. U. $19^{25}/_{7}03$.

Formica rufa-pratensis I.

Sehr heiss, sonnig.

	Übriggeblieben																
$19^{25}/_{7}03$	1,23 Nm.	1,24	1,25	1,26	1,29	1,30	1,52	1,55	2,2	2,9	2,18	2,25	2,31	2,36	2,46	2,58	3,8
Potentilla rupestris: Früchte . . .	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9
thuringiaca: » . . .	10	8	8	7	7	7	7	6	5	4	4	3	2	2	1	1	0
Primula elatior: Samen	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	6	5	4	3	2	2	2

Exp. 3. Exp. 1 unter *Potentilla paradoxa.*

Potentilla thuringiaca.

Die Früchte von *P. paradoxa* und *P. thuringiaca* sind an der Basis mit einem Anhängsel versehen, dessen Äusseres demjenigen der zu dem *Hepatica*-Typus gehörenden *P. alba*-Früchte ähnlich ist. Die Zellen sind jedoch bei der Fruchtreife mit Luft gefüllt. Indessen verleiht dieses Anhängsel den Früchten, wie Exp. 2 unter *P. paradoxa* und Expp. 1 und 2 unter *P. thuringiaca* andeuten, einen gewissen Grad von Myrmekochorie. *P. rupestris*, deren Anhängsel sehr rudimentär ist, wird ganz unbeachtet gelassen. Im H. B. U. habe ich am 20. Juli 1903, als sich *P. thuringiaca* in reichlicher Fruchtverbreitung befand, auch eine kleine Ameise eine Frucht tragen sehen.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 3 unter *Adonis vernalis.*

Exp. 2. Exp. 2 unter *Potentilla rupestris.*

Exp. 3. Exp. 5 unter *Myosotis sparsiflora.*

Leguminosae.

Lathyrus pratensis.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 4 unter *Triodia decumbens.*
Exp. 2. Exp. 10 unter *Melampyrum pratense.*

Medicago lupulina.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 3 unter *Chelidonium majus.*
Exp. 2. Exp. 1 unter *Pulmonaria mollissima.*

Medicago sp.

Aphaenogaster testaceo-pilosa (Palermo, Kalkfelsen. $19^{12}/_{5}03$) mit einer Frucht.

Trifolium pratense.

Die in Verbreitungseinheiten umgewandelten Blüten von *Trifolium* werden häufig von *Aphaenogaster* transportiert (vgl. S. 177). Auch *Formica rufa* habe ich einmal bei Klockarhyttan (SERN. Spridningsbiologi 245) eine solche Verbreitungseinheit von *Tr. pratense* tragen sehen. SOMMIER[1] hat dieselbe Beobachtung bei *Tr. agrarium* gemacht, ohne jedoch die Ameisenart näher anzugeben. Eine wirkliche Myrmekochorie liegt, wie folgende Experimente zeigen, nicht vor.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 3 unter *Viola Riviniana.*
Exp. 2. Exp. 3 unter *Centaurea Cyanus.*

Vicia sepium.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 5 unter *Helleborus foetidus.*
Exp. 2. Exp. 3 unter *Symphytum officinale.*

Geraniaceae.

Geranium molle.

Ausser einem Transport seitens *Aphaenogaster barbara* (S. 176) habe ich vor einem Nest des *Lasius niger* (Montpellier, Ackerrain. $19^{27}/_{5}02$) einen Samen unter den herausgeschafften Dingen gesehen. Die Experimente ergaben keine Myrmekochorie.

[1] Bulletino della Società botanica italiana 1894, p. 70.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 1 unter *Galeobdolon luteum.*
Exp. 2. Exp. 1 unter *Symphytum officinale.*
Exp. 3. Exp. 4 unter *Fumaria spicata.*
Exp. 4. Exp. 1 unter *Euphorbia Lathyris.*
Exp. 5. Exp. 2 unter *Corydalis capnoides.*
Exp. 6. Exp. 4 unter *Reseda Phytheuma.*

Linaceae.

Linum catharticum.

Adlerz fand (Svenska myror S. 156) bei Etelhem, Insel Gotland, zahlreiche Samen in dem unter einem Steine befindlichen Nest von *Tetramorium* angesammelt.

Euphorbiaceae.

Euphorbia Helioscopia.

Die Caruncula sämtlicher *Euphorbia*-Arten scheint auf die Ameisen nicht verlockend zu wirken. So verhält es sich mit *E. Helioscopia*, deren Samen sich ebenso wenig die Aufmerksamkeit der Ameisen zuziehen, wenn die Caruncula vorhanden ist, wie wenn sie fehlt.

Experimente.

Exp. 1. Sern., Spridningsbiologi 262. Exp. 5 unter *Centaurea Scabiosa.*
Exp. 2. Exp. 4 unter *Anchusa arvensis.*
Exp. 3. Exp. 1 unter *Trichera atrorubens.*

Balsaminaceae.

Impatiens noli tangere.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 4 unter *Anchusa arvensis.*
Exp. 2. Exp. 8 unter *Melampyrum pratense.*

Violaceae.

Viola palustris.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 5 unter *Viola arvensis.*
Exp. 2. Exp. 2 unter *Viola elatior.*
Exp. 3. Exp. 3 unter *Viola Riviniana.*

Ericaceae.

Calluna vulgaris.

Experimente.

Exp. 1. SERN., Spridningsbiologi 257. Exp. 2 unter *Lamium album*.
Exp. 2. Exp. 4 unter *Melampyrum pratense*.

Primulaceae.

Primula elatior.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 6 unter *Primula acaulis*.
Exp. 2. Exp. 2 unter *Potentilla rupestris*.
Exp. 3. Exp. 3 unter *Thesium alpinum*.

Trientalis europaea.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 1 unter *Centaurea Cyanus*.
Exp. 2. Exp. 2 unter *Centaurea Cyanus*.
Exp. 3. Exp. 4 unter *Centaurea Jacea*.

Borraginaceae.

Cerinthe major.

Gleicht insofern den myrmekochoren *Borragineen*, als die grossen Teilfrüchte beim Abfallen, das kurz nach der Reife eintritt, in abwärtsgerichteten Fruchtkelchen sitzen. Experimente beweisen jedoch, das bei ihnen Myrmekochorie nicht vorliegt, auch wenn man das Trennungsgewebe, das ja makroskopisch eine Art von Elaiosom vortäuschen könnte, sitzen lässt.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 2 unter *Nonnea flavescens*.
Exp. 2. Exp. 3 unter *Carex Halleriana*.

Myosotis arvensis.

Die Verbreitungseinheiten sind teils vereinzelte Teilfrüchte, teils der Kelch mit den darin enthaltenen Teilfrüchten. Weder die eine noch die andere Art ist myrmekochor. Die Teilfrüchte sind wegen des Vergleiches mit den ebenso grossen *M. sparsiflora*-Teilfrüchten und *Claytonia*-Samen in den Experimenten mitgenommen worden, um die Myrmekochorie der letzeren hervorzuheben.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 2 unter *Myosotis sparsiflora.*
Exp. 2. Exp. 4 unter *Myosotis sparsiflora.*
Exp. 3. Exp. 2 unter *Claytonia perfoliata.*

Labiatae.

Glechoma hederacea.

Die Kelche sind beim Abfallen der Teilfrüchte abwärtsgerichtet; letztere sind aber nicht myrmekochor.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 3 unter *Carex ericetorum.*
Exp. 2. Exp. 3 unter *Lachenalia pendula.*

Thymus Serpyllum.

Ein paarmal habe ich in der Umgegend von Uppsala *Lasius niger* und *Formica truncicola-pratensis* mit Fruchtkelchen gesehen (Sern., Spridningsbiologi 245). Die Experimente ergaben keine Myrmekochorie.

Experimente.

Exp. 1. Sern., Spridningsbiologi 262. Exp. 5 unter *Centaurea Scabiosa.*
Exp. 2. Exp. 2 unter *Helleborus graveolens.*

Scrophulariaceae.

Veronica persica.

Vgl. S. 64.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 3 unter *Fumaria officinalis.*
Exp. 2. Exp. 4 unter *Veronica agrestis.*
Exp. 3. Exp. 5 unter *Veronica cymbalaria.*
Exp. 4. Exp. 2 unter *Viola odorata.*

Veronica polita.

Experiment.

Exp. 1. Exp. 1 unter *Veronica hederaefolia.*

Rubiaceae.

Galium Aparine.

Experimente.

Exp. 1. SERN., Spridningsbiologi 270. Exp. 1 unter *Viola suavis.*
Exp. 2. SERN., Spridningsbiologi 250. Exp. 1 unter *Ajuga pyramidalis.*

Galium saccharatum.

Wenn *G. saccharatum* auf der Sonne ausgesetzten Plätzen und auf wenig tiefem Boden vorkommt, was seine wichtigsten Standorte auf Sizilien zu sein scheint, fallen nach meinen dortigen Beobachtungen 1903 seine Teilfrüchte schon Ende April ab. Ein paarmal habe ich in dieser Zeit dieselben von *Aphaenogaster barbara* einsammeln und vor den Eingängen ihrer Nester herausgeschafft liegen schen. Die Experimente ergaben keine Myrmekochorie.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 1 unter *Fedia Cornucopiae.*
Exp. 1. Exp. 7 unter *Carduus pycnocephalus.*
Exp. 3. Exp. 4 unter *Reseda odorata.*

Caprifoliaceae.

Linnaea borealis.

Experimente.

Exp. 1. Exp. 1 unter *Centaurea Cyanus.*
Exp. 2. Exp. 4 unter *Centaurea Jacea.*

Compositae.

Carduus crispus.

Experiment.

Exp. 1. Exp. 1 unter *Trichera atrorubens.*

Cirsium lanceolatum.

Experiment.

Exp. 1. Exp. 1 unter *Trichera atrorubens.*

Gazania rigens.

Im H. B. U. habe ich am $19^{22}/_{8}01$ *Formica fusca* mit einer Frucht gesehen.

Picridium vulgare.

Im Frühling 1903 sah ich in Palermo und Umgegend im paarmal Ameisen mit pappusversehenen *Kompositen*-Früchten, und zwar einmal mit denen dieser Pflanze.

Pterotheca sancta.

Ebenso verhielt es sich im Frühling 1902 in Montpellier. Die Früchte der hier sehr gemeinen *Pterotheca sancta* wurden oft von den *Aphaenogaster*-Arten eingesammelt (vgl. S. 177); einmal ($19\,^{21}/_{4}\,02$) notierte ich *Lasius niger*.

Taraxacum officinale.

Bei Klockarhyttan sah ich $19\,^{6}/_{7}\,07$ *Formica rufa* mit einer Frucht.

Effektivität.

Zu einer richtigen Auffassung des ganzen Problems von dem Verhältnis der Ameisen zur Verbreitung der Pflanzen muss klargestellt werden:[1]

1) In welcher ungefähren Menge werden Verbreitungseinheiten von Ameisen transportiert?

2) Wie weit werden sie transportiert?

3) In welchem Grade kommen diese Verbreitungseinheiten zur Entwicklung an den Lokalen, wohin sie durch diesen Transport gelangt sind?

Ich habe hauptsächlich folgende Wege eingeschlagen, um zu versuchen, in diesen Fragen über die Effektivität der myrmekochoren Verbreitung Klarheit zu gewinnen:

1) Ich habe auf Ameisenstrassen oder an den Ameisenbauen die Anzahl der Transporte in einer bestimmten Zeiteinheit beobachtet und vor den Eingangslöchern die ausgeworfenen Verbreitungseinheiten gezählt;

2) eine Verbreitungseinheit von dem Augenblick an, wo sie von einer Ameise ergriffen wurde, bis zu dem, wo sie definitiv verlassen wurde, verfolgt, und den Abstand von den nächsten Mutterpflanzen bis zu den betreffenden Transporten bestimmt;

3) die Kolonievegetation, besonders neben Ameisenstrassen und Ameisenbauen, studiert.

In dem obigen Bericht über die durch Ameisen bewerkstelligten Transporte, die in der Natur beobachtet worden sind, habe ich schon bei jeder Pflanze der Reihe nach einen kleinen Teil meines Beobachtungsmaterials inbezug auf Punkt 1) mitgeteilt. In den folgenden Tabellen wird nun dieses ganze Material im Zusammenhange aufgeführt. Zuerst die Zeitbeobachtungen, dann die Zahlen der ausgeworfenen Verbreitungseinheiten.

[1] Vgl. das Kapitel »Om effektiviteten af de viktigaste spridningsmedlen» in SERN., Spridningsbiologi 360—416.

Aphaenogaster barbara.

Zeitbeobachtungen.

Ort und Zeit	Beobachtungsdauer	Anzahl beobachteter Transporte von																							
		Ajuga Iva. Teilfrüchte	*Avena sativa.* Verbreitungseinheiten	*Clypeola Jonthlaspi.* Früchte	*Erodium romanum.* Teilfrüchte	*Erodium* cfr *cicutarium.* Teilfrüchte	Kapseln	*Euphorbia peploides* und *peplus.* Samen	*Feda Cornucopiae.* Ameisenfrüchte	*Fumaria officinalis.* Früchte	*Medicago tribuloides.* Früchte	*Mercurialis annua.* Samen	*Parietaria lusitanica.* Verbreitungseinh.	*Pinus halepensis.* Samen	*Picridium vulgare.* Larvenfrüchte	*Platanus orientalis.* Früchte	Fruchtkelche	*Rosmarinus officinalis.* Teilfrüchte	Fruchtkelche	*Salvia clandestina.* Teilfrüchte	*Senecio vulgaris.* Früchte	*Thelignonum Cynocrambe.* Früchte	*Trifolium stellatum.* Verbreitungseinh.	*Veronica Cymbalaria.* Samen	*Veronica hederaefolia* Samen	*Veronica panormitana.* Samen
1) H. B. Monsp. (p. 111) $19^{2}/_{5}02$.	2,47—2,52 Nm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13	—	—	—	—	—	—	—	—
2) » » » » $19^{6}/_{5}02$ . .	11,55 Vm.—12 M.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7 [1])	—	—	—	—	—	—	—	—
3) La Drôme, *Rosmarinus*-Bestände (p. 112) $19^{22}/_{5}02$	11,39—11,54 Vm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	—	—	—	—	—	—	—	—
4) Montpellier, Ackerrain $19^{30}/_{5}02$.	3,19—3,26 Nm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	8	—
5) Montpellier, Ackerrain $19^{30}/_{5}02$	2,38—2,48 Nm.	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	28	—
6) La Valette, Fusspfad in *Quercus Ilex*-Garigue $19^{21}/_{5}02$	10,58—11,38 Vm	23	—	—	—	3	—	—	—	—	3	—	—	2	—	3	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—
7) La Valette, Fusspfad in *Quercus Ilex*-Garigue $19^{1}/_{6}02$	3,25—3,40 Nm.	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	—	—	—	—	—	—	—	—
8) La Valette, Fusspfad in *Quercus Ilex*-Garigue $19^{1}/_{6}02$	4,3—4,33 Nm.	—	—	—	—	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	22	—	—	—	—	—	—
9) La Favorita, Fusspfad im Maquis $19^{15}/_{4}03$	4,3—4,13 Nm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	3	—	—	—	—	—	—	—	—
10) La Favorita, Fusspfad im Maquis $19^{15}/_{4}03$	4,26—4,36 Nm.	—	10	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11) La Favorita, an einer Steinmauer $19^{21}/_{4}03$	3,44—3,55 Nm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—
12) La Favorita, Fusspfad im Maquis $19^{24}/_{4}03$	4,6—4,16 Nm.	—	—	—	1	—	1	2	5	—	—	2	—	—	1	—	—	—	—	—	2	—	2	—	—	—
13) St. Lorenzo, Felswand in Weideland $19^{7}/_{5}03$	8,57—9,7 Vm.	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9
	S:e d. Zeit 2^{h} 58^{m}	23	10	1	1	16	5		5	1	3	11	10	2	1	3	46		26		1	2	1	3	36	9

S:e d. Verbreitungseinheiten: *216.*

[1] Einige von diesen wurden jedoch von *Tetramorium caespitum* genommen.

Aphaenogaster structor.

Ort und Zeit	Beobachtungsdauer	Anzahl beobachteter Transporte von *Rosmarinus officinalis.* Fruchtkelche	Teilfrüchte	
1) H. B. Monsp. (p. 111) $19^{30}/_{4}02$.	2,27—3,33 Nm.	—	19	
2) La Drôme, *Rosmarinus*-Bestände (p. 112) $19^{23}/_{5}02$	11,39—11,84 Vm.	2	—	
	S:e d. Zeit 21 M.	21		S. d. V.-E. *21*

Formica exsecta.

Ort und Zeit	Beobachtungsdauer	Anzahl beobachteter Transporte von *Luzula pilosa.* Samen	*Melampyrum pratense.* Samen	
1) Klockarhyttan, Mischwald, *Formica exsecta* $19^{15}/_{6}01$	12,5 Nm.—12,10Nm.	3	—	
2) » » » » »	12,21Nm —12,31Nm.	5	—	
3) » » » » »	12,35Nm.—12,46Nm.	5	—	
4) » » » » »	5,23Nm.—5,28 Nm.	4	—	
5) » » » » $19^{16}/_{6}01$	5,3 Nm.—5,8 Nm.	2	—	
6) » » » » »	7,5 Nm.—7,10 Nm.	4	—	
7) » » » » $19^{8}/_{8}01$	10,39Vm.—12,3 Nm.		1	
	S:e d. Zeit 2^{h} 5^{m}	23	1	S. d. V.-E. *24*

Formica fusca.

Ort und Zeit	Beobachtungsdauer	Anzahl beobachteter Transporte von *Puschkinia scilloides.* Samen	
1) H. B. U. $19^{7}/_{6}01$ [1]	12,4Nm.—12,15Nm	8 [2]	
	S:e d. Zeit 11 Min.	8	S. d. V.-E. *8*

[1] Mit zerstreuten *Formica rufibarbis.*
[2] Eine Ameise nahm auf einmal 4 aneinandersitzende Samen.

Formica rufa.

Ort und Zeit	Beobachtungsdauer	Anzahl beobachteter Transporte von: Zusammenh. Teilfr.	*Ajuga pyramidalis.* Einzelne Teilfrüchte	*Allium ursinum* Samen	*Anemone nemorosa.* Früchte	*Calluna vulgaris.* Verbreitungseinh.	*Carex digitata.* Verbreitungseinh.	*Hepatica triloba.* Früchte	*Luzula pilosa.* Kapseln	*Melampyrum pratense.* Samen	*Melica nutans.* Samen	*Mercurialis perennis.* Samen	*Taraxacum officinale.* Früchte	*Trichera arvensis.* Verbreitungseinh.	*Viola hirta.* Samen	
1) Klockarhyttan. Junger Kieferwald. *Formica rufa* II. 18 10/8 99.	10,45Vm.—11,15Vm.	—	—	—	—	—	—	—	—	7	—	—	—	10	—	
2) » 19 26/6 00	7,34Nm.—7,42Nm.	—	—	—	—	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—	
3) » 19 14/8 00	2,48Nm.—3,35Nm.	—	—	—	—	—	—	—	—	24	—	—	—	6	—	
4) » 19 17/6 01	10,46Vm.—11,14Vm.	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	
5) » 19 3/8 01	5,24Nm.—6,58Nm	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	2	—	
6) » 19 6/7 02	10,45Vm.—11,52Vm.	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	
7) » 19 5/9 02	12,53Nm.—1,23Nm.	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	4	—	
8) » 19 5/9 02	4,42Nm.—4,54Nm.	—	—	—	—	—	—	—	—	7	—	—	—	—	—	
9) » 19 31/7 03	1,2Nm.—1,22Nm.	—	—	—	—	—	—	—	—	6	—	—	—	—	—	
10) » 19 14/8 03	10,30Vm.—11,5Vm.	—	—	—	—	—	—	—	—	9	—	—	—	—	—	
11) Kungsparken, Fichtenwald (p. 117) 19 6/7 00	8,16Nm.—8,24Nm.	—	—	—	—	—	9	—	—	—	—	—	—	—	—	
12) Säbyklint, Haintälchen (p. 54) 19 20/7 00	12,10Nm.—12,40Nm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	
13) Skabbholmen, Haselhain. *Formica rufa* I 19 16/7 01	9,45Vm.—10,45 Vm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	23	—	—	
14) » »	11,3Vm.—11,18Vm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	3	—	—	
15) » »	11,30Vm.—11,35Vm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	
16) » »	12,20Nm.—12,30Nm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	
17) » »	1,9Nm.—1,14Nm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	
18) » »	4,8Nm.—4,21Nm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	—	—	
19) » »	4,30Nm.—4,35Nm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	1	—	
20) » »	4,58Nm.—5,8Nm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	—	—	
21) » »	5,30Nm.—5,45Nm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	—	—	
22) » 19 20/7 01	11,10Vm.—12,10Nm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13	2	—	
23) » »	6,15Nm.—7.15Nm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	6	3	—	
24) » 19 22/7 01	11,35Vm.—11,50 Vm.	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
25) » »	12,20Nm.—12,35Nm.	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
26) » »	5,15Nm.—5,30Nm.	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
27) » »	7,0Nm.—7,15Nm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
28) Kinnekulle, Fichtenwald 19 17/7 02	10,29Vm.—10,44Vm.	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	4	—	—	
29) » »	12,25Nm.—12,30Nm.	—	—	—	—	—	—	—	1	4	—	—	—	—	—	
30) » 19 20/7 02	2,12Nm.—2,42Nm.	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	7	—	—	
31) » Laubwiese 19 17/7 02	6,10Nm.—6,40Nm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	
32) » Pfade auf sumpfiger Wiese nahe Laubwiese 19 19/7 02	2,25Nm.—2,55Nm.	2	1	—	—	1	—	—	—	—	—	1	44	—	—	8
33) Lerbäck, Heide nahe Nadelwald 19 20/8 02	1,40Nm.—1,45Nm.	—	—	—	—	—	—	—	—	13	—	—	—	—	—	
34) Lenna, Mischlaubwald, *Formica rufa* III 19 15/6 05	12,14Nm.—12,43Nm.	—	—	—	—	—	12	20	—	13	—	—	—	—	—	
35) » » 19 24/6 05	11,26Vm.—12,4Nm.	—	—	—	—	—	4	4	—	1	—	—	3	—	—	
36) » » 19 28/6 05	12,29Nm.—12,59Nm.	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	3	—	—	
37) » » 19 29/6 05	12,57Nm.—1,27Nm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	
38) » » 19 1/7 05	12,37Nm.—1,7Nm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	
39) » » 19 2/7 05	11,59Nm.—12,17Nm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	
40) » » 19 6/7 05	12,26Nm.—12,56Nm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	
41) » » 19 8/7 05	1,36Nm—1,41Nm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9	—	—	
42) » » 19 15/7 05	9,54Vm.—10,55Vm.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	
	S:e d Zeit 18h 51m.	3		7	1	1	25	28	31	69	156		11	1	22	13

S:e d. (wirklichen) V.-E. *366.*

Lasius fuliginosus.

Ort und Zeit	Beobachtungsdauer	Anzahl beobachteter Transporte von: Verbreitungseinheiten *Carex digitata.*	Früchte *Hepatica triloba.*	Samen *Luzula pilosa.*	
1) Uppsala, Kungsparken, Fichtenwald $19^{21}/_{6}01$	4,37 Nm.—4,42 Nm.	3	1	16	
	Summe d. Zeit 5 Min.	3	1	16	Summe d. Verbreitungseinh. *20.*

Lasius niger.

Ort und Zeit	Beobachtungsdauer	Anzahl beobachteter Transporte von: Samen *Luzula pilosa.*	Samen *Veronica hederaefolia.*	Samen *Veronica agrestis.*	
1) Klockarhyttan, Nadelwaldrand $19^{15}/_{6}01$ . .	8,2 Nm.—8,12 Nm.	3	—	—	
2) Montpellier, Ackerain $19^{27}/_{4}02$	10,55 Vm.—11,26 Vm.		2	1	
3) H. B. Pan., Ameisenweg $19^{6}/_{4}03$	2,4 Nm.—2,19 Nm.	—	2	4	
	Summe d. Zeit 56 Min.	3	4	5	Summe d. Verbreitungseinh. *12.*

Myrmica laevinodis.

Ort und Zeit		Beobachtungsdauer	Anzahl beobachteter Transporte von: Früchte *Anemone nemorosa*	Früchte *Hepatica triloba.*	Teilfrüchte *Lamium purpureum*	Samen *Lathraea Squamaria.*	Samen *Luzula pilosa.*	
1) Klockarhyttan, Birkenhain. SERN., Spridningsbiologi 237.	$19^{27}/_{6}00$	1,30 Nm.— 1,34 Nm.	12		—	—		
2) »	» $19^{28}/_{6}00$	1,28 Nm.— 1,30 Nm.	15	—	—	—	—	
3) »	» $19^{29}/_{6}00$	11,33 Vm.—11,53 Vm.	22	4	—	8	2	
4) »	» $19^{30}/_{6}00$	11,20 Vm.—11,40 Vm.	16	1	—	8	—	
5) »	» $19\ ^{1}/_{7}\ 00$	1,56 Nm.— 2,11 Nm.	12	4	—	3	—	
6) »	» $19\ ^{2}/_{7}\ 00$	12,32 Vm.—12,47 Vm.	9	3	—	5[1]	—	
7) »	» $19^{15}/_{6}00$	10,19 Vm.—10,34 Vm.	5	1	—	—	—	
8) »	» $19^{15}/_{6}01$	4,50 Nm.— 5,0 Nm.	4	—	—	—	1	
9) »	» $19^{17}/_{6}01$	3,46 Nm.— 3,56 Nm.	4	1	—	—	—	
10) »	» $19\ ^{8}/_{7}\ 02$	8,6 Nm.— 8,16 Nm.	3	2	—	—	—	
11) »	» $19^{28}/_{6}03$	1,6 Nm.— 1,11 Nm.	4	1	—	—	—	
12) »	» $19^{30}/_{6}03$	1,40 Nm.— 1,50 Nm.	5	—	—	—	—	
13)	» $19\ ^{3}/_{7}\ 03$	1,6 Nm.— 1,16 Nm.	4	—	—	—	—	
14) »	Gartenland $19^{12}/_{8}01$	7,2 Nm.— 7,13 Nm.	—	—	3	—	—	
		Summe d. Zeit: 2 h 42 m.	115	17	3	24	3	S. d. V.-E. *162.*

[1] Blühte die folgenden Jahre nicht.

Ausgeworfene Verbreitungseinheiten.

Zu gewissen Zeiten tragen mehrere Ameisenarten vor die Eingänge ihrer Bauen massenweise Gegenstände hinaus, die sie vorher eingesammelt haben.[1] Unter diesem Auswurfsgut finden sich oft in grosser Menge Früchte, Samen und andere Verbreitungseinheiten. Durch das Studium derselben kann man teils konstatieren, dass die Elaiosome, wo solche vorhanden gewesen, verzehrt worden sind, teils ein Mass dafür erhalten, in welcher Ausdehnung die Ameisen in der jüngstverflossenen Zeit Verbreitungseinheiten eingesammelt haben. Einige für diese Zwecke angestellten Zählungen werden im folgenden mitgeteilt. Die Ameisenarten sind nicht immer völlig sicher, da ich in den meisten Fällen meine Bestimmung nur dadurch habe machen können, dass ich eine Probe von den Ameisen nahm, welche die Mündung der Löcher passierten, was nicht ausschliesst, dass eine andere Ameisenart sowohl die Löcher gemacht als das Auswerfen bewerkstelligt hat.

Aphaenogaster barbara.

Ort und Zeit	*Biscutella laevigata.* Früchte	*Fedia Cornucopiae.* Früchte	*Galium sacharatum.* Teilfrüchte	*Thelygonum Cynocrambe.* Früchte
1) La Favorita, Maquis $19^{15}/_{4}03$	1	38	22	1
2) » » Felsvorsprung $19^{20}/_{4}03$	—	12	6	10

Formica rufibarbis.

Ort und Zeit	*Chelidonium majus.* Samen	*Melampyrum pratense.* Samen	*Trichera arvensis.* Verbreitungseinheiten	*Viola silvis.* » *pubescens.* Samen
1) H. B. U. $19^{10}/_{7}01$	10 +	—	—	1 +
2) » $19^{12}/_{7}01$	—	—	—	69 +
3) Klockarhyttan, Kräuterflur $19^{13}/_{8}01$	—	23	4	

Lasius fuliginosus.

Ort und Zeit	*Trichera arvensis.* Verbreitungseinheiten
1) Klockarhyttan, Mischwald, Erdnest. $19^{13}/_{8}01$.	1

[1] Sern., Spridningsbiologi 292.

Lasius niger.

Ort und Zeit	*Chelidonium majus.* Samen	*Corydalis fabacea.* Samen	*Corydalis nobilis.* Samen	*Erodium* cfr *cicutarium.* Teilfrüchte	*Fumaria officinalis.* Früchte	*Ornithogalum Kotschyanum.* Samen	*Rosmarinus officinalis.* Teilfrüchte	*Veronica hederaefolia.* Samen	*Viola elatior.* Samen	*Viola suavis.* / » *pubescens.* Samen
1) H. B. U. Parzelle[1]) $19^{1}/_{6}00$	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—
2) » » [2]) $19^{4}/_{6}00$	—	29	—	—	—	—	—	—	—	—
3) » » $19^{30}/_{6}01$	—	—	—	—	—	19	—	—	—	—
4) » » $19^{12}/_{7}01$	20	—	—	—	—	—	—	—	11	280
5) » » [2]) $19^{12}/_{7}01$	155	—	4	—	—	—	—	—	—	—
6) Uppsala, Garten $19^{22}/_{7}00$	200 +	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7) La Drôme, Abhang mit *Rosmarinus*-Beständen $19^{22}/_{5}02$	—	—	—	—	—	—	114	—	—	—
8) Montpellier, Ackerain $19^{25}/_{5}02$	—	—	—	1	2	—	—	638	—	—

Myrmica lobicornis.

Ort und Zeit	*Melampyrum pratense.* Samen
1) Klockarhyttan, Rand eines Haferfeldes $19^{24}/_{8}01$	6

Pheidole pellucida.

Ort und Zeit	*Nonnea nigricans.* Teilfrüchte
1) H. B. Monsp. *N. nigr.*-Parzelle $19^{26}/_{4}02$ . . .	1

[1] Mit Auswerfungen der *Formica rufibarbis* gemischt.
[2] Cfr. *Lasius niger.*

Um annähernd zu bestimmen, wie gross die transportierende Tätigkeit der Ameisen in Wirklichkeit ist, liefern die oben mitgeteilten Tabellen kein hinreichendes Material, auch wenn man sich nur auf ein bestimmtes Vegetationsgebiet während einer bestimmten Jahreszeit beschränkt. Eine solche Bestimmung erfordert eine vielmal grössere Anzahl zu eben diesem Zweck angestellter, sehr langwieriger Beobachtungen, und ein so umfassender Plan hat für diesen Teil meiner Untersuchung nicht bestanden. Einige Lokale sind allerdings immer wieder untersucht worden, bisweilen sogar periodisch eine ganze Reihe von Jahren hindurch (der Birkenhain mit *Myrmica laevinodis*) während der wichtigsten Verbreitungszeit der dort wachsenden Myrmekochoren. Im ganzen aber habe ich mehr willkürlich zu Wege gehen müssen, und darin, dass ich als Beobachtungsmaterial möglichst viele Ameisenarten in möglichst vielen Pflanzenvereinen und an möglichst vielen Lokalen wählte, lag nur die Absicht, eine so grosse Generalprobe von Beobachtungen beizubringen, dass sie bestimmt zeigen könnte, ob der Transport der Verbreitungseinheiten seitens der Ameisen in der Ökologie der europäischen Vegetation eine bestimmte Rolle spiele oder nicht.

Zur Beantwortung *dieser* Frage aber dürften diese Tabellen ein hinreichendes Material liefern. Schon ein flüchtiger Blick auf ihre Zahlenhöhen zeigt, was im übrigen wohl aus den zuvor mitgeteilten Beobachtungen und Experimenten hervorgegangen sein dürfte, dass die Menge der Verbreitungseinheiten, die in der Natur von den Ameisen transportiert werden, ganz einfach enorm sein muss. Schwieriger, als mit einem Hinweis auf die nackten Beobachtungen als solche, ist es jedoch, dieses Verhältnis in Zahlen auszudrücken.

Wenn wir uns zunächst den Tabellen über die Zeitbeobachtungen zuwenden, so kann, wenn man will, aus ihren stark wechselnden Zahlen als Durchschnittszahl der ganzen Beobachtungsreihe ein Transport von Verbreitungseinheiten pro Stunde ausgerechnet werden. Dass aber eine solche Zahl vorläufig, bevor sie mit dem Resultat einer hinreichend grossen Anzahl neuer Beobachtungen kombiniert werden kann, fast nur ein Kuriositätsinteresse haben wird, liegt klar zu Tage. Die allgemeine, auf der Unvollständigkeit des Materials beruhende Einschränkung in dieser Hinsicht habe ich soeben betont.

Die Frage ist jedoch die, ob wir nicht aus den vorhandenen Beobachtungen andere Mittelwerte erhalten können, die, freilich sehr anspruchslos, doch einen festen Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen über die Grösse der Ameisentransporte abgeben könnten. Ich besitze über *Formica rufa* eine Anzahl Beobachtungen — 42 — aus einem begrenzten Gebiete. Sie betreffen verschiedene Waldtypen — Nadelwälder, Laubwiesen, Haintälchen, Haselhaine und Mischwälder — von Nerike, Uppland und Vestergötland. Sie können, darf man annehmen, eine Probekarte von dem geben, was diese Ameisenart sowohl aus ihrem wichtigsten hiesigen Jagdgebiet, dem Walde, als auch aus den Pflanzenvereinen einsammelt, welche in diesem Gebiet mit der von der Kultur so gebrochenen Vegetationsdecke an denselben grenzen und ihn durchziehen. Sie sind ferner zu verschiedenen Tageszeiten in den Monaten Juni, Juli, August und September mehrere aufeinander folgende Sommer von ziemlich verschiedenen meteorologischen Verhältnissen gemacht worden. Wenn man also aus

der Endsumme der 42 Beobachtungen: 366 Verbreitungseinheiten in 18 Stunden 51 Minuten, einen Mittelwert von 19 Verbreitungseinheiten pro Stunde erhält, so kann diese Zahl als Ausgangspunkt für die Berechnung der Menge von Verbreitungseinheiten verwendet werden, die ein *Formica rufa*-Staat in den mittelschwedischen Wäldern während einer Vegetationsperiode transportiert. — Die obige Darstellung hat gezeigt, dass *Formica rufa* im südlichen und mittleren Schweden während eines grossen Teiles der eigentlichen Vegetationsperiode, von Mai bis tief in den September hinein, als Samensammlerin tätig ist, und Material steht ihr während dieser Zeit ziemlich kontinuierlich von den ersten *Corydalis*-Samen an bis zu den letzten Verbreitungseinheiten von *Melampyrum* und *Trichera* zu Gebote. In den dem Areal nach grössten jener Waldtypen fehlen jedoch die *Corydalis*- sowie auch die sich zeitig verbreitenden *Gagea*-Arten. Wir rechnen also nur 80 Tage, d. h. ungefähr vom Beginn der Samenverbreitung von *Luzula pilosa* bis zum Ende derjenigen von *Melampyrum*. — Regen und Kälte legen dieser Arbeit ein gewisses, keineswegs aber, wie ich wiederholentlich beobachtet habe, ein absolutes Hindernis in den Weg; wie gross die Unterbrechung der Nachtstunden sein mag, weiss ich nicht, ich will nur darauf hinweisen, dass ich Ameisen an Sommerabenden nach Einbruch der Dämmerung oder der Dunkelheit oft Samen habe tragen sehen (eine Sommernacht auf Skabbholmen ($19\,^{22}/_{7}\,01$) beobachtete ich sie beim Schein einer Laterne in voller Tätigkeit und um 10,45 Uhr Nm. mit *Melica nutans*-Verbreitungseinheiten). Wir nehmen jedoch an, dass Regen, Kälte und Dunkelheit während der halben Zeit dieser 80 Tage die Tätigkeit der Ameisen hindern. Die Arbeitsdauer pro Tag würde also 12 Stunden betragen. — Die Beobachtungen sind an einer oder ein paar relativ stark frequentierten Ameisenstrassen gemacht worden, oft in der Nähe eines Ameisenbaues. Selten dürfte die Hälfte von dem, was in Wirklichkeit während der Beobachtungsdauer von dem betreffenden Staat transportiert wurde, aufgezeichnet worden sein, oft sicher bedeutend weniger. Wir nehmen jedoch an, dass die Hälfte des Transportes zur Beobachtung gekommen ist: der nächste Multiplikator wäre also 2. — Für jeden Staat ergibt sich demnach als Anzahl Transporte von Verbreitungseinheiten: $19 \times 80 \times \times 12 \times 2 = 36{,}480$. — Diese Zahl ist in eminentem Grade als eine Minimumzahl zu betrachten. Für alle Faktoren ist nur ein minimaler Wert angenommen worden, und es braucht kaum darauf hingewiesen zu werden, wie leicht künftige Forschungen eine Vermehrung dieser Zahl herbeiführen können.

Die Tabellen über hinausgeworfene Samen machen denselben Totaleindruck, sind aber etwas zu unvollständig, als dass man aus ihnen einen mittleren Zahlenwert gewinnen könnte. — Aus dem *Lasius niger*-Auswurfsgut Nr. 8 kann man einen recht interessanten Minimalwert für die *Veronica hederaefolia*-Samen erhalten, die ein einziger Staat dieser Ameisenart in einer verhältnismässig kurzen Zeit einsammeln kann. In dem vorliegenden Falle handelte es sich um das Auswurfsgut vor einem der zahlreichen *Lasius niger*-Baue, die sich am Rande eines Haferfeldes vor Montpellier befanden. Die Bodenschicht des Feldes enthielt reichlich *V. hederaefolia*. Ihre Samenablösung dauerte zur Zeit der Beobachtung, $19\,^{25}/_{5}\,02$, schon ungefähr 8 Wochen. Allein die Bürger dieses kleinen Staates hatten also in dieser Zeit oder einem Teil

derselben mindestens 638 *Veronica*-Samen eingesammelt und nun, nachdem sie sich ihre Elaiosome nutzbar gemacht, sie wieder hinausgeworfen.

Die nächsten Schritte in dieser Untersuchung über die Effektivität der myrmekochoren Verbreitung wären, wie schon oben erwähnt, die, klarzustellen, teils ob die Ameisen wirklich die von ihnen ergriffenen Verbreitungseinheiten nennenswerte Strecken weiter befördern, teils ob diese Verbreitungseinheiten auch in nennenswertem Grade, nachdem sie von den Ameisen definitiv verlassen worden sind, unter äussere Verhältnisse kommen, die ihr Keimen und ihre weitere Entwicklung ermöglichen.

In verschiedenen Fällen habe ich, teils dadurch, dass ich die samentragenden Ameisen auf ihren Wanderungen verfolgte, teils dadurch, dass ich den nächsten eventuellen Ursprungsort einer durch Ameisen transportierten Verbreitungseinheit bestimmte, ausser einer Menge Transporte von einigen Metern, solche Transporte von ca. 10 Metern oder etwas darüber konstatieren können. Von weiteren Beförderungen habe ich folgende notiert:

Direkt beobachtete Transporte.

Aphaenogaster barbara.

Ajuga Iva. La Valette: 12 Meter (S. 102).
Rosmarinus officinalis. La Valette: 45 Meter (S. 111).

Formica rufa.

Centaurea Cyanus. Tosterö: 27 Meter. SERN., Spridningsbiologi 239—240.
Melica nutans. Kinnekulle, Pfad auf einer sumpfigen Wiese: 70 Meter (S. 197).
Viola hirta. Kinnekulle, ebenda.: 70 Meter (S. 55).

Cfr. *Lasius niger.*

Viola suavis. H. B. U.: 15 Meter (S. 57).

Ausgeworfene Samen.

Cfr. *Lasius niger.*

Corydalis nobilis. H. B. U., 4 Samen (zusammen mit 155 von *Chelidonium majus*, dessen Parzelle 8,5 m weiter entfernt lag), 12 m von der Parzelle der Art hinausgeworfen. $19^{12}/_{7}01$ (S. 53).

Es sind jedoch nicht die wirklich *weiten* Transporte, durch welche die Ameisenverbreitung ihre Bedeutung für die Ökologie der einzelnen Arten sowie für die der Pflanzenvereine erhält. Wie ich in meiner Spridningsbiologi näher auseinandergesetzt, hat man allzu wenig Aufmerksamkeit den Agentien gewidmet, besonders

denen »zufälliger Natur», welche die gleichmässige Verteilung der Verbreitungseinheiten auf die *kürzeren* Distanzen rings um die Mutterpflanzen herum vermitteln. Diese Agentien sind es, durch die die verschiedenen Arten eines Pflanzenvereins den für ihren Kampf ums Dasein so wichtigen Vorteil erhalten, gleichmässig über alle Punkte in dem Vereine verbreitet zu werden, auf denen sie sich überhaupt entwickeln können. Und dass die transportierende Tätigkeit der Ameisen, ob sie nun die Verbreitungseinheit ein paar oder bis zu 70 Meter weit von der Mutterpflanze verschleppen, eine ausserordentlich wichtige Bedeutung für diese Art von Verbreitung haben muss, dürfte nach dem Zeugnis der nunmehr gegebenen Zahlen ziemlich klar sein; *nota bene* sofern die Verbreitungseinheiten wirklich über den Boden verbreitet werden und natürlich nicht ausserdem durch die Behandlung der Ameisen während des Transportes Schaden gelitten haben.

Dass die Frucht selbst oder der Same von den Ameisen, welche niemals auch nur den Versuch zu machen scheinen, die Fruchtwände oder die Samenschalen zu durchbrechen, völlig unbeschädigt gelassen wird, findet man bald. Besonders überzeugend wirkt eine Untersuchung der ausgeworfenen Verbreitungseinheiten, an welchen immer nur die Elaiosome verzehrt oder angefressen sind.

Es liesse sich ja denken, dass alle Transporte erst an der eigentlichen Vorratskammer des Baues zu Ende wären und dass also nur diejenigen Verbreitungseinheiten eine sehr beschränkte und lokale Entwicklung erlangten, die von den Ameisen beim Herausschaffen wieder ein kleines Stück aus dem Bau herausbefördert oder in Gänge gelegt würden, die nahe an der Erdoberfläche liegen, so dass sie hier zum Keimen kommen können. Eine nähere Beachtung der Art der transportierenden Tätigkeit der Ameisen gibt indessen sehr bald an die Hand, dass sich die Verhältnisse in der Natur keineswegs so gestalten. Indem ich zu verschiedenen Malen die samentransportierenden Ameisen verfolgte, habe ich konstatieren können, dass nichts gewöhnlicher ist, als dass eine Ameise, bisweilen wie es scheint ganz unmotiviert, die Verbreitungseinheit liegen lässt, mit der sie sich eine lange Zeit auf weiten und gewundenenen Wegen mühsam herumgeschleppt hat. Nach einer Weile wird vielleicht die verlassene Verbreitungseinheit von einer anderen Ameise ergriffen, worauf sich derselbe Vorgang wiederholt, bis der Gegenstand endlich in den Bau gelangt. Dies Schicksal erfährt er aber durchaus nicht immer. Sehr oft wird er von den Ameisen völlig aufgegeben, wenn er sich zwischen Vegetationsreste, Steinchen, Erdpartikeln oder dgl. einkeilt. Auf dem Kanonbacken an dem Experimentierplatz für *Formica exsecta* I besteht die Vegetation aus Mischwald, durch welchen ein sandiger Pfad dem Acker, gegen dessen Rand die Ameisen ihre Baue angelegt haben, parallel und ein paar Meter davon entfernt läuft. In dem Mischwald findet sich *Melampyrum pratense* spärlich. Im Jahre 1901 steckte ich auf dem von *Melampyrum*-Samen tragenden Ameisen stark frequentierten Pfade am 13. August, als die myrmekochore Verbreitung ungefähr 10 Tage gedauert hatte, eine Probefläche von 1 Quadratmeter ab. Auf dieser zählte ich nicht weniger als 28 *Melampyrum*-Samen, die also während der Transportarbeit von den Ameisen verlassen worden waren. — Die unter der Rubrik »Ausgeworfene Verbreitungseinheiten» angeführten Zahlen sind

jedenfalls zu vervielfachen, will man einen Begriff von dem gesamten Betrage der Verbreitungseinheiten erhalten, die in der Zeiteinheit, aus der das Auswurfsgut stammt, transportiert worden sind.

Die Ursache, weshalb eine bestimmte Verbreitungseinheit liegen bleibt, ist nicht immer leicht ersichtlich. — Eine der Ursachen liegt bisweilen darin, dass das oft schwach gebaute Elaiosom während des Transportes zerrissen oder geradezu abgefressen worden ist. — Die Verbreitungseinheiten der höheren Pflanzen, und unter ihnen nicht am wenigsten die myrmekochoren, sind oft durch gewisse Erscheinungen ihrer Organisation ausgezeichnet, durch welche ihre *Bedeckung mit Erde* in mehr oder weniger hohem Grade befördert wird. Besonders weiss man von mehreren Pflanzen der Familien *Compositae, Labiatae, Cruciferae* u. a., dass sich alle oder gewisse Epidermiszellen der Frucht- bezw. Samenschale bei Anfeuchtung verschleimen und hierdurch Erdpartikeln an derselben haften bleiben. Derartige, bei Anfeuchtung sich verschleimende Epidermiszellen sind mir bei den myrmekochoren Verbreitungseinheiten nicht bekannt. Aber bei den Samen von *Reseda odorata* und *R. phyteuma* enthalten die dünnwandigen Zellen des Elaiosoms einen Schleim, der, natürlich reichlicher in Wasser, hervorquillt, wenn das Elaiosom einen Riss erhält.[1] In diesem Schleim haften Erdpartikeln sehr leicht. Die Epidermiszellen der dem Äussern nach glatten und glänzenden Fruchtwände von *Galactites tomentosa* und *Carduus pycnocephalus* sondern einen sehr zähen, klebrigen Stoff ab. Während die Ameisen mit den Früchten des Weges ziehen, haftet das eine Partikelchen nach dem andern an dem Leim, der sich ausserdem oft in lange Fäden zieht, die noch mehr den Transport hindern. Wie die *Reseda*-Samen werden auch diese Kompositenfrüchte mehr und mehr mit Erde bedeckt und schliesslich von den Ameisen aufgegeben. Zerrissene Elaiosome, auch die, welche des Schleims ermangeln, deren Zellen aber reich an Plasma sind, behaarte Aussenwände der Verbreitungseinheiten — z. B. bei *Hepatica, Polygala* und *Trichera* — haben ihrerseits eine ähnliche, wenn auch nicht so starke Wirkung wie diese prägnanteren Organisationen. Kerner gibt (l. c. p. 591) an, dass die Gruben und Vertiefungen, die zwischen Warzen, Leisten und anderen Auswüchsen an der Oberfläche vieler Samen entstehen, die Aufgabe hätten, nasse Erdpartikeln festzuhalten, und somit im Dienste des Erdbedeckungsprozesses ständen. In welchem Umfange dies Giltigkeit haben kann, weiss ich nicht, dass aber die retikulierte Oberfläche der Samen keineswegs *immer* diesen Effekt hervorruft, kann ich aus eigener Erfahrung bezeugen. Im Gegenteil glaube ich, im Anschluss an G. Lüstners[2] allzu wenig beachtete Experimente über Sporen, dass in mehreren Fällen die Retikulierung die Samen vor dem Anhaften der Erdpartikeln *schützt*. Zwischen den Leisten sind nämlich Flüssigkeitslamellen ausgespannt, und unter ihnen liegt in den Gruben Luft, so dass der ganze Samen von einer Luftschicht umgeben ist. Vermöge dieser Luftschicht wird der Samen leichter zwischen den Erdpartikeln in den Boden hinuntergeschwemmt, so dass der Endeffekt eine Erdbedeckung ist,

[1] Vgl. z. B. Kerner, Pflanzenleben I 590.

[2] Beiträge zur Biologie der Sporen.

weit effektiver als sie durch das Festkleben der Erde bewirkt werden könnte. Die besten Beispiele dieses Typus unter den Myrmekochoren haben wir vielleicht bei *Lathraea Squamaria*, *Euphorbia Peplus* und *E. peploides*.

Schwieriger ist es, aus der Zusammensetzung eines Pflanzenvereins direkte Belege dafür zu erhalten, dass dies oder jenes Individuum aus von Ameisen transportierten Verbreitungseinheiten entstanden sei. Wenn eine Pflanze, deren Samen sich empirisch oder experimentell als myrmekochor erwiesen hat, als Kolonist auf oder längs Ameisenstrassen und neben Ameisenbauen vorkommt, so ist es natürlich sehr wahrscheinlich, aber keineswegs bewiesen, dass sie aus liegengelassenen Samen entstanden oder ein Abkömmling von Individuen ist, deren Samen diese Vorgeschichte gehabt haben. In meiner Spridningsbiologi 383—386 habe ich einige Beispiele von

Fig. 1. Kartenskizze über die Verteilung der Myrmekochoren in der Vegetation um einen Bau von *Formica rufa* bei Klokkar-hyttan. C = *Calamagrostis Epigejos*, Ch = *Chenopodium album*, L = *Lamium purpureum*, P = *Poa trivialis*, P=C *Polygonum Convolvulus*, R = *Rumex domesticus*, S = *Sonchus asper*, U = *Urtica dioica*.

Anhäufungen myrmekochorer Pflanzen an den genannten Lokalen mitgeteilt. Es lohnt sich kaum der Mühe, die Zahl der Beispiele zu vermehren; einige finden sich unter den einzelnen Arten angegeben.

In mehreren Fällen kommen die Pflanzen, deren Muttersamen vermutlich durch Ameisen transportiert worden waren, in der Nähe der Ameisenbaue in Reihen vor. Diese Reihen bezeichnen offenbar alte Ameisenstrassen mit den auf ihnen verstreuten Samen, die hier zur Entwicklung gekommen sind. Diese Erscheinung ist bisweilen ziemlich charakteristisch, und ich will im folgenden aus meiner Spridningsbiologi 385—386 ein mehr detailliertes Beispiel anführen.

Die beigefügte Kartenskizze (Fig. 1) zeigt die Verteilung der Vegetation ($18\,^{21}/_{8}\,99$) um den Bau von *Formica rufa* II. Dieser ist, wie in SERN., Spridningsbiologi 240 beschrieben worden, auf einem Spänehaufen in jungem Kiefernwald angelegt. Die Grenzzonen sind meistens von *Calamagrostis epigejos-* und *Rubus idaeus-Epilobium-*Vereinen bewachsen. Der Spänehaufen ist recht vermodert, trägt aber nur Kolonievegetation. Am Nordostrand der Skizze eine Anhäufung von frischeren Spänen.

Luzula pilosa bildet die Hauptmasse der Kolonisten. Die Skizze zeigt, dass sie in kurzen, hier und da unterbrochenen Reihen wächst, die im grossen und ganzen nach einem Punkt dicht nordöstlich von dem Erdwall konvergieren, der den Bau selbst umgibt. Zusammen mit ihr kommen spärlich *Melampyrum pratense* und *Trichera arvensis* vor. Wie sich oben ergeben, sind die Arbeiter dieses Baues sehr eifrig mit der Beförderung der Verbreitungseinheiten dieser 3 Arten beschäftigt. Im übrigen ist *Lamium purpureum* zu beachten, dessen Früchte myrmekochor sind, und *Polygonum Convolvulus*, von dem ich einmal, wie oben (S. 183) erwähnt, auf dem Haufen 10 Verbreitungseinheiten gesehen habe. Mehr als Kuriosum sei *Urtica dioica* erwähnt.[1]

Interessant ist es zu sehen, dass die Konvergenz der Pflanzenreihen nicht nach dem jetzigen Ameisenbau verläuft, sondern, wie erwähnt, nach einem andern Punkt, ein Stück daneben, geht. Hier haben wir offenbar den Platz des alten Baues, den die Ameisen verlegt haben, dessen Stelle aber die Pflanzen nach den Samen anzeigen, die sich einmal auf dem Transport nach demselben hin befanden.

Eine kartenmässige Feststellung des Vorkommens gewisser Myrmekochoren, mehr im Grossen gesehen, würde sicherlich die Bedeutung der myrmekochoren Verbreitung deutlich erkennen lassen. Besonders möchte ich eine kartographische Behandlung des Auftretens von *Chelidonium majus* in verschiedenen Pflanzenformationen einer bestimmten Gegend empfehlen. In der Umgegend von Uppsala hat diese Pflanze zwei ganz verschiedene Standorte: ausser auf fetter Erde neben Gärten und Gebäuden und in vom Menschen beeinflussten Haintälchen kommt sie verschiedentlich auf Wiesenabhängen, in Birkenwäldchen, Laubwiesen, Kiefern-, sogar Fichtenwäldern vor. Untersucht man die letzte Art des Vorkommens näher, so findet man sie immer an die in diesen Pflanzenvereinen errichteten alten oder neuen Ameisenbaue — vor allem die von *Formica rufa* — und an die von jenen ausgehende Wegesysteme gebunden.

Unter den in meiner Spridningsbiologi 372—374 für die nordische Flora hauptsächlich nach WITTROCK angeführten Epiphyten kann von *Carex digitata*, *Chelidonium majus*, *Hepatica triloba*, *Lamium album* und *Luzula pilosa* angenommen werden, dass Ameisen ihr Verbreitungsagens sein können. Aus dem Süden kann ich ein Beispiel dafür, wie die myrmekochoren Synzoen in der Epiphytenvegetation vertreten sind, durch folgende Standortaufzeichnung (mit den myrmekochoren *Chelidonium majus* und *Viola odorata*) einer solchen auf dem Stamm von *Phoenix dactylifera* in einem Garten, Palermo, $19\,^{21}/_{5}\,03$, anführen:

Das Blattwerk begann 3 Meter über dem Boden; bis hier hinauf war der Stamm fast in jeder Falte der übriggebliebenen Blattfüsse reichlich mit Phanerogamen bekleidet:

[1] Cfr WEISSE, PLÄTTNER, und BARNEWITZ in Verhandl. d. bot. Vereins f. Brandenburg. 40. pp. XXXIV, XXXVI & LXVII.

Antirrhinum majus (gelbblütig), spärlich. Knospen — vorgeschrittene Postfloration.
Chelidonium majus, einzeln.
Parietaria officinalis, zerstreut — reichlich. Beginnende Fruchtablösung.
Sonchus tenerrimus, spärlich. Die meisten Körbe in beginnender Fruchtverbreitung.
Stellaria media, einzeln — spärlich. Abgewelkt, in der Samenablösung.
Viola odorata, spärlich. Mit kleistogamen Blüten.

Eine direkte Beobachtung über Ameisen, die Samen den Baum hinauf tragen, habe ich vom M. Ventoux: *Aphaenogaster barbara* mit einem *Veronica hederaefolia*-Samen auf einer im Acker wachsenden *Juglans regia*, 1,7 m vom Boden ($19^{17}/_{5}02$).

Von den nordischen Ruinen- und Mauerpflanzen, die ich in meiner Spridningsbiologi 375—382 nach LINDMANS und meinen Untersuchungen angeführt habe, ist für *Anchusa officinalis*, *Chelidonium majus*, *Hepatica triloba* und *Lamium album* Transport durch Ameisen zu vermuten. Schon KERNER hat betont und illustriert (Pflanzenleben I 245 und II 620), dass *Chelidonium* im Wiener Botanischen Garten in den Spalten der vertikalen Mauerflächen wächst, welche die Ameisen passieren. R. VON WETTSTEIN schreibt LUDWIG[1] folgendes: »Was die Ausbreitung der Samen von *Helleborus foetidus* anlangt, so kann ich Ihnen einen Fall mitteilen, der für Ihre Ansicht, dass die Verbreitung durch Ameisen erfolgt spricht. Hinter dem botanischen Museum der Wiener Universität befindet sich eine alte Mauer mit dahinter befindlicher Erdschüttung. Der Erdhaufen wird zu keinen bestimmten Kulturen verwendet, sondern es befinden sich dort verschiedene, aus dem botanischen Garten stammende Pflanzen, n. a. *Scrofularia vernalis*, *Corydalis ochroleuca*, *Helleborus foetidus* etc. Die Ritzen der Mauer sind von Ameisen bewohnt. Die Folge davon ist, dass die ganze Mauer von *Chelidonium*, *Corydalis ochroleuca* bedeckt ist. Ich kann mich nun auf das bestimmteste erinnern, dass im Laufe der achtziger Jahre, während welcher ich täglich diese Mauer vor Augen hatte, auch wiederholt junge *Helleborus foetidus*-Pflanzen auf ihr zum Vorschein kamen. Es ist vielleicht nicht ohne Interesse, zu erwähnen, dass die hier erwähnte Mauer dieselbe ist, welche Kerner zur Annahme brachte, dass *Chelidonium* und *Corydalis* durch Ameisen verbreitet werden.» Über *Cyclamen*-Arten hat HILDEBRAND (Die Gattung Cyclamen, S. 143) ähnliche Beobachtungen aus Beirut (E. HARTMANN) und dem Botanischen Garten zu Freiburg. Im Süden kommen oft myrmekochore Synzoen in Mauerspalten unter Verhältnissen vor, die deutlich zeigen, dass ihre Muttersamen von Ameisen dorthin transportiert worden sein müssen. So können aus tiefen Spalten an vertikalen Mauerflächen Individuen der myrmekochoren *Veronica*-Arten hervorwachsen, die, um das Licht zu erreichen, bis zu 1 Dezimeter lange Hypokotyle entwickeln müssen. Von anderen Mauerpflanzen sind *Lamium amplexicaule*, *Chelidonium* und *Viola hirta* anzuführen. Die beiden letztgenannten habe ich in Montpellier ($19^{29}/_{5}02$) in den Mörtelritzen einer Mauer 3 resp. 2 Meter über dem Boden gesehen. Im H. B. Gen. kam zwischen den Steinen der senkrechten Terrassenwände *Arenaria muscosa* vor, deren Keim offenbar von Ameisen aus den Töpfen, in denen sie kultiviert worden, dahin verschleppt worden war ($19^{27}/_{5}03$).

[1] Die Ameisen im Dienst der Pflanzenverbreitung p. 39.

ABTEILUNG II

ORGANOGRAPHIE UND PHYLOGENIE

Äussere und innere Organographie der myrmekochoren Verbreitungseinheiten.

Die in der ersten Abteilung erwähnten Beobachtungen und Experimente dürften zur vollen Evidenz dargetan haben, dass die Ameisen auf die ganze Verbreitungsökologie der europäischen Vegetation einen sehr grossen Einfluss ausüben. Diese ökologische Tatsache findet denn auch darin einen entsprechenden Ausdruck, dass — wie ich bereits in meiner Spridningsbiologi nachzuweisen suchte — ein sehr beträchtlicher Teil derjenigen Pflanzenformen, deren Verbreitungseinheiten von den Ameisen beachtet und transportiert werden, eine Reihe Eigentümlichkeiten der Organisation darbieten, welche zu diesem Verbreitungsmodus in unverkennbarer Beziehung stehen. Die vorliegende Abteilung bezweckt, diese Organisationserscheinungen nebst der Art und Weise ihrer Entstehung zu erörtern.

Die Beobachtungen und Experimente der vorigen Abteilung dürften fernerhin ergeben haben, dass die myrmekochoren Verbreitungseinheiten deswegen begierig von den Ameisen aufgesucht werden, weil sie mit einer Art eigentümlicher Organe verschiedenen morphologischen Ursprungs ausgerüstet sind, welche ich wegen ihres Gehaltes an fettem Öl *Elaiosome* benannt habe. Das erste Kapitel dieser Abteilung, welches sich mit der Organographie der myrmekochoren Verbreitungseinheiten beschäftigt, wird diese hauptsächlich von dem Gesichtspunkte des Baues und Ursprungs dieser Elaiosome behandeln. Aus dem Kapitel im Anfang dieser Arbeit: »Übersicht über die Typen der myrmekochoren Synzoen» erinnern wir uns, dass sich diese auf 15 Typen verteilen liessen. In der nachstehenden Erörterung werden wir im engen Anschluss an diese Einteilung diese Typen der Reihe nach besprechen. Für jeden einzelnen Typus gebe ich teils eine allgemeine Übersicht, teils einen speziellen Bericht, der die meisten Arten oder Typen umfasst.

Der Puschkinia-Typus.

Die diesen Typus bildenden *Liliaceen*-Samen ermangeln wirklicher, organisierter Elaiasome im Sinne der übrigen Typen. Anlockungsmittel ist jenes fette Öl,[1] womit

[1] Als Reagentien wurden benutzt: Osmiumsäure, Sudan III (Buscalioni, Sudan III und seine Verwendung in der Mikrotechnik), Dimethylamidoazobenzol (A. Meyer, Flora S. 433, 1899) und Scharlach R.

die Samenschale imprägniert ist; insbesondere dürfte ein äusserst dünnes Ölhäutchen die die Epidermiszellen nach aussen begrenzenden Wände überziehen. Höchstens könnte man bei *Ornithogalum nutans* und *Puschkinia* die Samenschale mit deren spärlichen Zellen, welche reichliches Öl enthaltende Protoplasten besitzen, als »Elaiosome» bezeichnen; bei den anderen aber dürfte ein nicht unerheblicher Teil des Ölgehaltes den Endospermzellen entstammen. Wie besonders R. H. SCHMIDT[1] nachgewiesen, dringen nämlich fette Öle leicht durch gewisse Zellmembrane, und es findet sich denn auch ein grosser Vorrat davon bei den 5 hierhergehörigen Arten sowohl in den äusseren wie den inneren Endospermzellen mit ihren porenreichen Wänden. Wahrscheinlich dringt denn auch vom reichen Ölvorrat des Endosperms ein den Ameisen bemerklicher Geruch durch die dünne Samenschale.

Ausgenommen *Allium ursinum*, bei dem alle Zellen der Samenschale einander ziemlich ähnlich sind, differenziert sich diese in eine innere, kleinzellige Schicht und eine äussere, die aus sehr grossen, braun gefärbten, dünnwandigen, rundlich-ellipsoidischen Zellen besteht, deren Basen in jenem kleinzelligen Gewebe stecken. Wie bei *Lathraea* zerplatzen am reifen Samen die Aussenwände dieser Zellen — bei *Triteleia* sind sie mehr persistent —, und die unten steckenden Teile bleiben, wie Uhrgläser aneinander gefügt, sitzen. Wegen ihrer Form und ihres Fettgehalts kann sich bei der Berührung mit Wasser eine dünne Luftschicht zwischen ihnen und dem Wasser bilden.

Die hierhergehörenden Samen sind mehr oder weniger sphärisch oder kurz ellipsoidisch und verhältnismässig gross: diejenigen der *Ornithogalum*-Arten erreichen 4 und diejenigen von *Puschkinia* 4,5 mm.

Der Übergang zum folgenden Typus ist unverkennbar. Bei *Puschkinia* schwach, bei *Triteleia uniflora* aber ausgeprägt, finden sich Anschwellungen sowohl am Hilum als auch in der Chalazaregion. Andererseits kann das Elaiosom des *Viola odorata*-Typus recht schwach entwickelt und in seiner Funktion jedenfalls von dem in der Samenschale gebildeten oder dorthin durchgesickerten Öle unterstützt werden. Unter den Liliaceen sei *Scilla amoena* als eine solche Übergangsform erwähnt. Vom entwicklungsgeschichtlichen Gesichtspunkte aus denkt man sich denn auch wohl am einfachsten die *Liliaceen* des *Viola odorata*-Typus aus solchen Formen abstammend, deren Samen den *Puschkinia*-Typus zeigen. Diese wiederum lehnen an anemochore, grosssamige Formen an.

Allium ursinum.

Samen schwarz, von ziemlich sphärischer Gestaltung, 2 mm im Durchmesser. Die Samenschale 20—25 μ dick mit stark geplatteten Zellen, deren äussere dunkelwandiger sind als die inneren. Wie bei den folgenden — nur noch mehr ausgeprägt — sind die Zellenreihen des Endosperms zierlich strahlenförmig gegen das Embryo hin geordnet.

Ornithogalum Kotschyanum.

Samen schwarz, rundlich, unregelmässig und schwach zusammengedrückt und fazettiert, 4 mm lang. Die innere Schicht der Samenschale 10 μ dick, aus stark

[1] Über Aufnahme und Verarbeitung von fetten Oelen durch Pflanzen, S. 369, Flora 1891.

zusammengedrückten dunkelwandigen Zellen bestehend. Die Uhrgläsermosaik der Aussenschicht ist infolge der starken tangentialen Dehnung der Samenschale etwas zerrissen und nicht so deutlich, wie bei den beiden folgenden.

Ornithogalum nutans. Tafel I, Fig. 1 & 2.

Samen schwarz, rundlich (Taf. I, Fig. 2), etwa 4 mm im Durchmesser, mit hübschen Uhrglasfazetten wegen der persistierenden, von Öl imprägnierten Basalteile der etwa 300 μ weiten Aussenzellen. Unter dem Boden derselben hält die innere Samenschalenschicht 30—40 μ. Sie besteht aus hyalin-dünnwandigen, tangential gedehnten Zellen mittlerer Grösse. Sie sind zumeist am reifen Samen trocken, dann und wann finden sich indes welche mit reichlichem Plasma voller Öltropfen.

Puschkinia scilloides. Tafel I, Fig. 3.

Samen hellbraun, schwach seitlich zusammengedrückt, eiförmig, ellipsoidisch, 4,5 mm lang (Tafel I, Fig. 3). Samenschale wie bei dem vorigen; die innere Schicht jedoch etwas mächtiger und die Aussenzellen rundlicher.

Triteleia uniflora. Tafel I, Fig. 4.

Rundlich-eckige, schwarze Samen, 2—2,5 mm lang. Die äussere Samenschalenschicht aus etwa 200—250 μ in der Breite, 70 μ in der Höhe betragenden, mit Luft gefüllten Zellen bestehend, zwischen welche öfters bedeutend kleinere Zellen eingekeilt sind. Wände dunkelfarbig. Die etwa 9 μ dicke Aussenwand gewöhnlich persistierend, wenn sie sich mitunter aber ablöst, bleiben die vorbeschriebenen charakteristischen Uhrgläsergebilde zurück. Unter dieser Schicht eine einzige Schicht von 10 μ hohen und 23 μ weiten, ebenfalls braunwandigen Zellen. — Die Hilumregion ist zapfenförmig entwickelt. Die Chalazaregion differenziert sich in zwei Partieen, eine äussere, aus 4—5 Zellenschichten mit braunen Zellenwänden, und eine innere, aus kleinen Zellen mit hyalinen Wänden bestehend, welche einen Überrest des Nucellus bilden.

Der Viola odorata-Typus.

Dieser Typus, der grösste und wichtigste aller Myrmekochoren, besteht aus einer Menge Pflanzen, welche mehreren Familien unter den Monokotyledonen, Choripetalen und Gamopetalen angehören. Ich habe ihn nach der mit einem prächtigen Elaiosom ausgerüsteten *Viola odorata* benannt, welche in der Geschichte der Myrmekochoren eine gewisse Rolle spielt.

Wie ich bereits erwähnt, könnte dieser Typus sehr leicht in mehrere Untertypen eingeteilt werden. Die Übergänge sind jedoch so zahlreich, dass ich lieber darauf verzichte: überdies würde sicher das künftig massenhaft neu hinzukommende Material, besonders aus den Tropen und Subtropen, jedwede derartige Einteilung zu

eng oder zu einseitig erscheinen lassen. Die für den Aufbau der Elaiosome in Betracht kommenden Samenteile sind allerdings recht variierend:

Die meisten hierhergehörenden Samen sind anatrop. Bei ihnen kommt der Raphe mit ihrer Strophiole und der Caruncula[1] bei der Ausbildung der Elaiosome eine grosse Bedeutung zu. Wo keine Raphe, sondern ein wirklicher Funiculus vorhanden, wie bei *Primula acaulis* und *Veronica* Sect. *Omphalospora*, wird dieser zum Elaiosom entwickelt. — Bei den kampylotropen Samen wird die Region um die Chalaza und das Hilum metamorphosiert. *Melampyrum* ist die einzige hierhergehörende Gattung mit gewissermassen orthotropen Samen. Hier hat die Chalaza eine gewaltige Umbildung erfahren. — Aber bei allen drei Samenarten nehmen nicht selten Partieen oder sogar die ganze Samenschale an der Funktion des eigentlichen Elaiosoms teil.

Von dem Übergang zum *Puschkinia*-Typus war schon die Rede; die äusserst schwach explosiven Früchte des *Chelidonium* und gewisser *Corydalis*-Arten bilden die Brücke zum *Euphorbia*-Typus.

[1] Die Terminologie jener aus verschiedenen Teilen des Samens entspringenden Anhängsel, aus denen sich die Elaiosome oft entwickeln, ist recht verworren. Die führenden Morphologen pflegen folgende Darstellung zu haben: Je nach der Grösse und Form unterscheidet man einerseits den *Arillus*, der gross ist und den ganzen Samen allseitig und zum mindesten den grössten Teil desselben umfasst, andererseits die *Strophiole* und die *Caruncula*, welche aus einseitigen kleineren Fortsätzen bestehen. — In dieser Einteilung lassen sich die mannigfachen, in der Natur auftretenden hierhergehörigen Komplikationen nicht unterbringen. Beispielsweise hat *Arenaria muscosa* einen allseitig entwickelten Fortsatz des Funiculus, welcher seiner Allseitigkeit halber keine Strophiole und seiner Winzigkeit halber kein Arillus sein kann. Eine ähnliche allseitige Bildung am *Chionodoxa*-Samen ist schon gross genug, um Arillus benannt zu werden, umfasst aber andererseits nur einen unbeträchtlichen Teil des Samens. Ein sehr grosser Fortsatz findet sich an der Basis der Raphe von *Viola odorata*, der sogar ebenso lang wie der Samen ist, er ist jedoch einseitig und auch nicht umfassend, mithin streng genommen weder Strophiole noch Arillus. Es befremdet deshalb kaum, dass die Bezeichnungen Strophiole und Arillus öfters im bunten Durcheinander gebraucht werden. Noch mehr wird die Verwirrung dadurch vermehrt, dass bisweilen kein Unterschied zwischen den Benennungen Strophiole und Caruncula gemacht wird, und schlimmer noch wird es, wenn damit sogar gewisse Bildungen der *Borragineen-* und *Labiaten*-Früchte bezeichnet werden, welche der Blütenachse oder der Fruchtwand entspringen. — In der vorliegenden Arbeit werden die Wörter Caruncula und Strophiole in ungefährer Übereinstimmung mit den entsprechenden deutschen Benennungen »Samenschwiele» und »Fadenschwiele» auf Basis durchaus entwicklungsgeschichtlicher Gründe getrennt gehalten, und zwar bezeichnet Strophiole eine Bildung am Samenstrang (selten zugleich an den naheliegenden Teilen der Plazenta) und seine Entwicklung als Raphe; die Caruncula ist hingegen eine Bildung der Samenanlage (einschliesslich der Chalaza). Arillus bezeichnet diese Organe, wenn sie gleichsam wie eine Hülle den ganzen Samen oder einen grösseren Teil desselben umfassen. Dadurch wird — wie es auch z. B. Warming getan — jene ursprüngliche topographische Bedeutung behalten, welche am besten mit der Definition des ersten Bezeichners (Linné, *Philosophia botanica*, p. 54) übereinstimmt: »*Arillus*, tunica propria exterior seminis, sponte secedens.» Nach der Art und Weise, wie sich die Strophiole im Verhältnis zur Mikropyle entwickelt, kann dieselbe radiär oder einseitig gebaut, und im letzteren Falle dorsal oder ventral sein. Ausserdem unterscheide ich zwei Arten, je nachdem sie aus den *proximalen* oder den *distalen* Teilen der Raphe entwickelt ist. — Die Raphe kann ihrer ganzen Länge nach oder in einem Teil derselben zum Elaiosom angeschwollen sein, ohne dass hier ein Fortsatz (Strophiole) entstände. Im Gegenteil ist eben die proximale Region am häufigsten, und sodann die distale Region mit einem solchen ausgerüstet. — Die Caruncula ist nach dieser Distinktion eine relativ seltene Bildung. Bei den *Euphorbiaceae* fliesst sie überdies bisweilen mit den proximalen Strophiolen-Gebilden zusammen.

Ein anderer Terminus von etwas unklarer Bedeutung ist ferner das *Hilum*, welches bald die Ablösungsstelle des Samens, bald — wie bei den anatropen Samen — den Basalteil der Raphe bedeutet. Erstere wird hier *Hilum* und die umgebende Region des Samens die *Hilum-Region* benannt.

Luzula Forsteri und L. pilosa. Tafel I, Fig. 5 & 6.

Die hellbraunen, wie bei übrigen hierhergehörenden Monokotyledonen anatropen Samen haben ein grosses, weissglänzendes, hahnenkammförmiges Elaiosom (Tafel I, Fig. 5 & 6), das schon früh die Aufmerksamkeit der Systematiker auf sich lenkte, ja, sogar die Aufstellung einer besonderen Untergattung *Pterodes* veranlasste, dessen biologische Bedeutung jedoch erst durch meine Untersuchungen 1899—1900 dargetan wurde.[1] Es entwickelt sich aus der ventralen Raphe, die am Hilum eine kleinere und an der Chalaza eine sehr grosse Ausbuchtung, eine distale, einseitige Strophiole, bildet. Seine Hauptmasse besteht aus ölführenden Zellen, in denen sich das Öl zu grossen Tropfen ansammelt, mit dünnen, hyalinen Wänden. In der distalen Strophiole, welche die Hauptpartie des Elaiosoms ausmacht, differenziert sich das ölführende Gewebe in ein kleinzelligeres, äusseres und ein darunter gelegenes mit sehr grossen, langgedehnten Zellen. Ausserdem gabelt sich das die eigentliche Raphe durchziehende Leitbündel an der Basis der distalen Strophiole, und der eine Teil dringt, immer der Samenschale folgend, durch die Chalaza in den Samen ein, während der andere durch die Strophiole emporstrebend bis ein wenig unterhalb deren Knie hingeht, wo er scharf einschwenkend umbiegt und nach der Chalazaregion hinabzieht, wo er sich mit dem anderen Strang vereinigt. Das ungeteilte Leitbündel besteht aus prosenchymatisch zugespitzten Zellen, stärkeführendem Leitparenchym, kambiformartigen Zellen und einem aus schwachen Spiralgefässen aufgebauten Hadrom. Bei der Gabelung geht das dorsal gelegene Hadrom, von einem Teil des übrigen Leitgewebes umgeben, ganz in den Strophiolenstrang hinüber. Diese Spaltung des Leitstranges der Raphe ist offenbar eine spezielle, sonst bei den Elaiosomen selten vorkommende Ausbildung, um der grossen distalen Strophiole während ihres Aufbaues Wasser und plastische Nahrung zuzuführen. — Die Zellen der übrigen Teile des Elaiosoms erreichen nicht die Dimensionen der Grundgewebeelemente der distalen Strophiole. Das Elaiosom geht seitlich ohne Grenze in die Epidermis der Samenschale über, welche aus parallelepipedischen, ölführenden Zellen mit hyalinen Wänden — auch die äusseren sind relativ dünn — besteht.

Allium triquetrum. Tafel I, Fig. 7 & 8. Tafel IV, Fig. 135.

Das grosse, weissglänzende Elaiosom sitzt als proximale, radiär gebaute Strophiole auf einem besonderen Fortsatz um die Hilumregion des grossen, schwarzen Samens (Tafel I, Fig. 8). Seine grossen — bis 900 μ langen und 65 μ breiten —, mit Poren versehenen, von Öl angefüllten Zellen, welche man mit blossem Auge wahrnimmt, liegen manschettenförmig um diesen Fortsatz herum. Die dieser Partie anliegenden Zellen haben dicke Wände, welche dicht von Poren durchzogen sind und deren Lumen von einem braunen Stoff angefüllt ist (Tafel IV, Fig. 135).

[1] Sern., Spridningsbiologi 241.

Chionodoxa Luciliae. Tafel I, Fig. 9—13.

Die grossen, kugeligen, glänzenden, dunkelbraunen Samen messen 3 mm im Durchschnitt. An ihrer Basis findet sich um das Hilum herum ein abgeplattetes, halbkugeliges, in der Mitte perforiertes Elaiosom, das seiner grossen Zellen wegen makroskopisch als eine Ansammlung weisser oder gelblichweisser Perlen erscheint (Tafel I, Fig. 10—13). Morphologisch besteht es aus einer proximalen, radiären Strophiole. Äusserst liegt eine Schicht jener grossen ellipsoidischen Zellen, in denen sich das Öl in grossen Tropfen befindet. Ausserdem sind aber Raphiden vorhanden. Diese häufen sich in der inneren Zellenschicht an, von wo aus die Ölzellen radiieren. Diese Zellen sind beträchtlich kleiner, mit einem grossen Bündel Raphiden, die deren Inneres ausfüllen, versehen und haben ebenfalls hyaline Wände. Sie gehen von der Hilumregion aus, deren Parenchymzellen braun gefärbte Wände haben. — Bei der Chalaza eine kleine Anschwellung wie bei *Triteleia uniflora*. — Die Samenschale nur 15 μ dick, wird leicht beschädigt, wobei das ölführende Endosperm blossliegt (Tafel I, Fig. 12).

Gagea lutea. Tafel I, Fig. 16 & 17.

Samen gelblich, eiförmig, gegen das Hilum etwas zugespitzt, 3,5 mm lang. Das Elaiosom hellgelb, von der Raphe gebildet, welche gegen die Chalazaregion hin gleichmässig an Mächtigheit zunimmt (Tafel 1, Fig. 17). Sein Grundgewebe besteht aus grossen, in der Längsrichtung der Raphe gedehnten Zellen mit Öltropfen. Das Elaiosom ist von einer Epidermis umgeben, die in ungefähr gleichem Bau um den Samen herum fortsetzt und deren Zellen klein sind, mit verhältnismässig grossen Kernen.

Scilla amoena.

Wie erwähnt, auf dem Übergange zum *Puschkinia*-Typus. Das Endosperm wie gewöhnlich stark ölig mit von Poren durchzogenen Wänden. Samenschale sehr dünn, aus 3—4 Schichten stark zusammengedrückter, braunwandiger Zellen bestehend. Die Aussenwand der Epidermiszellen mit etwa 10 μ hohen Papillen.[1]

Das eigentliche Elaiosom ist von der schwach angeschwollenen Raphe gebildet. Die Anschwellung ist in der Hilum- und in der Chalazaregion am stärksten. Die Epidermis mit eben solchen Papillen wie an der Samenschale, ausgenommen in der Chalazaregion, wo sie niedriger und weniger markiert sind.

---

[1] Vgl. die Papillen der Utriculus-Epidermis der Verbreitungseinheiten gewisser *Carex*-Arten (SERN., Spridningsbiologi 161—162). Die Luftschicht, welche jedenfalls in beiden Fällen zwischen den Papillen zurückgehalten wird, hat jedoch hier eine andere biologische Bedeutung.

Scilla sibirica. Tafel I, Fig. 19—21. Tafel IV, Fig. 136.

Verhält sich in allem Wesentlichen wie die vorige Art. Die Hilumregion ist jedoch zu einem 2 mm langen und 1 mm im Durchmesser betragenden Elaiosom mit sehr spärlichem Öl ausgebildet. Tafel I, Fig. 136. — Jedenfalls ist jenes Anhängsel, dessentwegen man die Untergattung *Adenoscilla* aufgestellt und in die z. B. *Scilla bifolia* gehört, eben ein Elaiosom.

Galanthus nivalis. Tafel I, Fig. 22—23.

Die Hilumregion ist sehr stark entwickelt. Sie ist in eine innere, kleinzelligere und festere Partie und in eine äussere, lockere, aus grossen, dünnwandigen, hyalinen Zellen bestehende differenziert. Diese breitet sich nach oben zu einem niedrigen Arillus aus, welcher einen Teil des Samens umfasst und ein Elaiosom bildet, dessen Gehalt an Öl indes nach meinem Material sehr spärlich ist.

Iris ruthenica. Tafel I, Fig. 24.

Samen gross, eckig-rundlich. Das Elaiosom von der sehr grossen und angeschwollenen, ohne Grenze in die Samenschale übergehenden Raphe gebildet, so dass das Elaiosom etwa den halben Samen ausmacht. Tafel 1, Fig. 24. Mit Ausnahme einer kleinen basalen Anschwellung der Hilumregion wächst das Volumen des Elaiosoms gegen die Chalaza hin. Es besteht, abgesehen von dem in der Chalaza bis an den Samenkern gehenden Leitstrang, aus einem ölführenden Grundgewebe mit einer Epidermis. Das Ölgewebe hat in der Längsrichtung der Raphe gestreckte, hyaline, dünnwandige Zellen, welche nach aussen an Grösse zunehmen. Die Epidermis, die sich mit demselben Bau um den Samen herum fortsetzt, besteht aus stark abgeplatteten Zellen, deren Innenwände beinahe den bis zu 7 μ verdickten Aussenwänden angepresst sind. — Die Hartschicht im Vergleich zu mehreren anderen *Iris*-Arten schwach, aus 3—4 Schichten mit 5—10 μ dicken braunen Zellwänden gebildet.

Asarum europaeum. Tafel IV, Fig. 137—138.

Das Elaiosom ist aus der im Baue scharf differenzierten Raphe gebildet, die an der konkaven Seite des 4 mm langen anatropen Samens gelegen ist. Bereits GÄRTNER[1] hat eine einigermassen befriedigende Abbildung dieses eigentümlichen Samens, und ein gutes Habitusbild liefert H. SOLEREDER.[2] Dagegen ist die Darstellung der Anatomie der Raphe gänzlich irreführend bei BAILLON dargestellt,[3] der dieselbe durch und durch aus einem einheitlichen, aus sehr grossen dünnwandigen Zellen bestehenden Gewebe gebildet sein lässt. Nach meinen Untersuchungen verhält es sich mit dem Bau und der Entwicklungsgeschichte der Raphe folgendermassen.

[1] De fructibus et seminibus plantarum 1. XIV.
[2] Aristolochiaceae p. 270.
[3] Histoire des plantes IX p. 1 Fig. 6.

Die Raphe hat (Tafel IV, Fig. 137) 3 Partieen: zu innerst ein Grundgewebe aus ziemlich kleinen und isodiametrischen Zellen, dann ein aus einigen Gefässbündeln und langgestrecktem Parenchym gebildetes Leitgewebe, dem in der Nähe der Chalaza ein von derselben entspringender, brauner, zurückgebogener Fortsatz begegnet, und schliesslich das eigentliche Elaiasomgewebe, das man eine von dem dorsalen Teile des Leitgewebes ausgehende Strophiole nennen könnte. Schon auf einer sehr frühen Entwicklungstufe der Samenanlage ist das Grundgewebe mächtig ausgebildet, weshalb das Leitgewebe inmitten seiner gewölbten Aussenrandes gelegen ist. Die Strophiole, die dem Parenchym des Leitgewebes aufliegt, besteht somit aus 2 Teilen: zu äusserst einer Epidermis von kleinen Parenchymzellen, welche zuerst etwas in der Längsrichtung der Raphe gestreckt sind und seitwärts in die das Grundgewebe bedeckende Epidermis übergehen, und einer darunter befindlichen Schicht von anfänglich kleinen, ziemlich isodiametrischen Zellen. Letztere wachsen jedoch bald stark an und bilden in kurzem die Hauptmasse der Strophiole. Wenn völlig ausgewachsen, sind sie gestrecht birnenförmig, bis 450 μ lang, oben etwa 100 μ breit. Die Wände sind dünn, gelb; der Inhalt sind Öltropfen und Reste der Protoplasten. Die Epidermiszellen, welche die von den Spitzen der Riesenzellen gebildete, stark kleinhöckerige Fläche bekleiden werden, haben von oben einen polygonalen Umfang von höchstens 50 μ Durchmesser. Sie sind von Protoplasma angefüllt und haben einen grossen Zellenkern. Bei dem ausgewachsenen Samen wölbt sich die Strophiole über die ganze Raphe, und an der Chalazaregion bildet sie eine über die Spitze derselben gewölbte Zellenanhäufung.

Die Samen von *Asarum Canadense* sind bei KERNER II 629 abgebildet.

Arenaria muscosa und trinervia. Tafel I, Fig. 25—27. Tafel IV, Fig. 139.

In der Hilumregion der kampylotropen Samen entspringt eine radiäre Strophiole. Tafel I, Fig. 26—27. Sie besteht hauptsächlich aus grossen, keulenförmigen, gegen das Hilum radiierenden Zellen. Tafel IV, Fig. 139. Bei *A. muscosa* entspringen sie einer kleinen zentralen Gewebemasse von derselben Beschaffenheit wie sie selber, deren Zellen jedoch kleiner sind; bei *A. trinervia* ist diese Partie starkt verkümmert oder fehlt ganz. Wie ich in meiner Spridningsbiologi 298—300 erwähnt habe, sind die keulenförmigen Zellen 220—260 μ lang und von einem feinkörnigen Plasma mit zahlreichen Öltropfen angefüllt. Der Umkreis der Strophiole ist bei *A. muscosa* mehr gelappt als bei *A. trinervia.* Die Samen jener Art sind mit ihrem vermuteten Elaisom bei KERNER II 629 abgebildet. — Greller Färbungsunterschied des glänzend weissen Elaiosoms und des schwarzbraunen Samens.

Helleborus.

Es finden sich treffliche Abbildungen der anatropen *Helleborus*-Samen mit ihrer langen Raphe in V. SCHIFFNER, Monographia Hellebororum.

Die Raphe des *Helleborus foetidus*-Samens hat eine deutliche, proximale Anschwellung, welche fettes Öl enthält; bei *H. corsicus* ist sie hingegen distal.

Die übrigen von mir untersuchten *Helleborus*-Arten, *H. graveolens* und *purpurascens*, haben keine grosse Anschwellung, auch habe ich in den Zellen der Raphe keine Öltropfen entdecken können. Zwischen den dicken Seitenwänden der Epidermiszellen verlaufen von der Cuticula der ebenfalls mächtigen Aussenwände keilförmige Grenzlamellen.[1] Sowohl die äussere Cuticula wie diese Grenzlamellen färben sich durch Scharlach R schön rosa.

Chelidonium majus.

Der kleine anatrope Samen hat ein Eliasom, dessen Bedeutung bereits KERNER beachtete, der auch in Pflanzenleben II 629 eine Abbildung des Samens liefert. Es besteht aus einer die ganze Raphe entlang laufenden Anschwellung, welche in der Hilumregion in eine grosse dorsiventrale Strophiole übergeht. Seine Zellen sind gross, schlauchförmig, voller Öltropfen. Die hyalinen Zellenwände sind zähe und fest; in der eigentlichen Raphenregion erreichen sie eine Mächtigkeit von 9 μ. — Derselbe Farbengegensatz zwischen Elaiosom und Samen wie bei den vorigen.

Corydalis. Tafel I, Fig. 28—32. Tafel IV, Fig. 140.

Das Elaiosom ist von einer proximalen, dorsiventralen Strophiole gebildet, die bei denjenigen Vertretern der Untergattung *Bulbocapnos*, welche ich untersuchen konnte: *C. cava*, *fabacea*, *laxa*, *nobilis*, *pumila* und *rutacea*, sehr gross — 3 mm oder mehr — und etwas gekrümmt ist. Es besteht, abgesehen von den braunwandigen Basalzellen, aus hyalinen, dünnwandigen, an Plasma und Öl reichen Zellen, die gegen den distalen Teil des Elaiosoms an Grösse zunehmen, ja hier bis 1200 μ lang und 100 μ breit werden können (Taf. 1, Fig. 00). — Derselbe Farbengegensatz zwischen dem Elaisom und dem glänzend glatten, schwarzen Samen wie bei den vorigen.

C. capnoides hat ein bedeutend kleineres Elaiosom. Samen mit papillöser Oberfläche. Eine Abbildung des gleichartigen Samens von *C. lutea* liefert KERNER a. a. O.

Reseda Phyteuma. Tafel I, Fig. 33—34.

Kampylotroper Samen. Die Mikropyle und das Hilum in eine weissschimmernde, lakunöse Zellenmasse mit Schleim, Kalciumoxalatkristallen und auch fettem Öl eingehüllt, wodurch diesie zum Elaisom wird. Diese Zellenmasse geht jedoch ohne Grenzen in das Exocarp der Samenschale über und wird von dessen Epidermis umschlossen. Es findet sich indes auch in dem äusseren Teil fettes Öl, weshalb es als zum Elaisom mitgehörig zu betrachten ist. Die inneren Zellen reich an Kalciumoxalatkristallen. Das von Sklereiden aufgebaute Endocarp der Samenschale zeigt

[1] DE BARY, Vergleichende Anatomie p. 84.

regelmässige Grübchen, und da das Exocarp leicht abgenutzt wird und verfault, begrenzt diese Fläche dann den Samen nach aussen.

Von *Reseda odorata* ist zu bemerken, dass der Schleimgehalt grösser ist. Wenn die dünnen Zellen des Elaiosoms beschädigt werden, quillt der Schleim heraus und klebt den Samen an die umgebenden Erdkrumen an.

Viola.

Bei denjenigen *Viola*-Arten, deren direkt vom Erdstamme auslaufende Blütenstengel während der Postfloration zu Boden sinken, haben die Samen ungewöhnlich grosse und hübsche Elaisome. Ich habe *V. hirta*, *odorata*. *pubescens* und *suavis* untersucht. KERNER bildet a. a. O. Samen von *Viola odorata* ab.

Das Elaisom ist von der hahnenkammförmigen, kräftig geschwollenen Raphe gebildet. Gegen die Chalaza des anatropen Samen keilt es aus, während die Hilumregion die eigentliche Hauptpartie in Gestalt einer an der vom Elaiosom umbetteten Mikropyle schräge entspringenden Emergenz bildet. Das Hilum ist von verhältnismässig kleinen isodiametrischen Zellen umgeben, sonst sind sie gross und langgestreckt. Der Inhalt zeichnet sich durch Reichtum an Plasma und Öltropfen aus.[1] Die Wände sind hyalin, ziemlich dick, mit Poren (Vgl. SERN., Spridningsbiologi 294) versehen. Der Leitstrang ziemlich zentral in der Hilumregion, welche man als eine proximale dorsiventrale Strophiole bezeichnen könnte; er verläuft dann in der eigentlichen Raphepartie dicht an der Samenschale entlang.

Der Farbengegensatz des weissglänzenden Elaiosom und des hellgelben Samens ist nicht eben gross.

Primula acualis. Tafel I, Fig. 35.

Der Samen bildet an der Unterseite eine niedrige Pyramide mit an der Hilumregion abgestumpfter Spitze. Der sehr kurze Samenstrang sitzt hier als kleine unregelmässig geformte Masse — das Elaiosom —, in frischem Zustande weissschimmernd, dabei jedoch so hyalin, dass er sich in der Färbung sehr wenig von der dunkelbraunen Samenschale abhebt. Er besteht in seinem proximalen Teile aus einem kleinzelligeren, verknitterten Parenchym mit dünnen hyalinen Wänden. Es sind Öltropfen darin vorhanden. Gegen die Distalregion hin werden die Zellen fester mit braunen Wänden, hier fehlt das Öl. Bei *Pr. elatior* findet sich nur die letztere Partie, die noch weniger Zellen hat.

Die Samenschale ist äusserst von grossen, etwa 100 μ langen und 40 μ breiten, schlauchförmigen Zellen mit braunen, leicht berstenden Wänden bekleidet. Die Wände färben sich nicht durch Scharlach R. Ich habe mehrmals Öltropfen in ihnen gefunden. Bei den genau eben solche Testazellen enthaltenden Samen von *Pr. elatior* habe ich sie seltener angetroffen. Zu entscheiden, ob hier ein Unterschied von

[1] Vgl. LAGERHEIM, Ueber *Lasius fuliginosus*.

mehr genereller Bedeutung vorliege, bedarf man ein umfassenderes Material, als dasjenige, welches mir zur Verfügung stand.

Melampyrum pratense. Tafel I, Fig. 36—43½. Tafel V, Fig. 141.

Die äussere Ähnlichkeit der Samen mit Ameisenkokongs wird beschrieben in LUNDSTRÖM, Pflanzenbiologische Schilderungen II, S. 78—81. Über ihre Organographie sagt er, S. 79: »— die Samenschale, wenn die Frucht geöffnet wird, das Sameneiweiss und den Embryo in Form von einem dünnen, weichen Häutchen umschliesst; 3) diese Samenschale wird dagegen, sobald als der Same in die Erde angelangt ist, abgeworfen, und die Rolle derselben ist folglich auf die Zeit der Verbreitung der Früchte begränzt; — 4) es findet sich auch an diesen Samen bei der Chalaza eine sackförmige, dunkler gefärbte Bildung — gleich dem Excrementsacke an dem Hintertheile des Kokongs.»

Der Samen hat eine sehr eigentümliche Entwicklung, welche in der Literatur entweder gar nicht berücksichtigt oder irrig wiedergegeben ist. H. BAILLON, welcher eine schematisierte Abbildung liefert, benennt sie »très incomplètement anatropes»;[1] eher wären sie unvollkommen kampylotrop zu nennen. Der relativ kurze, kräftige Samenstrang ist jedoch *lateral an der Chalaza* befestigt. Vom Hilum zieht sich an der Bauchseite des Samens eine schwache Naht, welche nichts als eine Falte der Samenschale ist, gegen die Mikropyle hin. Die Samenanlagen sind schwach gekrümmt mit konkaver Bauchseite. — Während der weiteren Entwicklung werden sie gerade oder fast gerade, und sie können während ihrer letzten Entwicklung als orthotrop bezeichnet werden. Die schon frühe stark angeschwollene Chalazaregion wächst, so dass die Hilumregion mehr und mehr polar zu liegen kommt. Bei der Samenreife ist diese stark geschrumpft und bezeichnet dann eigentlich den Endpunkt der gewöhnlich längs der alten Samenschalennaht entstehenden Samenschalenspalte. Durch Zuwachs der distalen Partie des Samens hört diese Naht nun ein gutes Stück unterhalb der Mikropyle auf. Tafel I, Fig. 43—43 ½.

Wie ich bereits erwähnt habe, bezeichnen die von LUNDSTRÖM gefundenen Bildungen ein Elaiosom komplizierten Baues. Es besteht teils aus einer eigentümlich entwickelten Chalazaregion, teils aus der Samenschale. — Die Samenschale umschliesst den ganzen übrigen Teil des Samens sehr lose und ist in niedrige, längsgehende, von der Chalaza zur Mikropyle verlaufende Falten zusammengezogen. Innerhalb ihrer Epidermis, welche aus ziemlich dünnwandigen Zellen mit fettem Öl und einer Menge eines an der Luft rasch schwarz werdenden Stoffes besteht, liegt ein Gewebe sehr dünnwandiger, hyaliner, fettes Öl führender Zellen. Im proximalen Teil des Samens besteht dieses Gewebe aus mehreren Zellenschichten, ein Teil derselben schwindet aber distalwärts. — Die Chalaza differenziert sich in zwei Partieen. Der untere Teil besteht aus mehr isodiametrischem Parenchym. Sämtliche Zellen, vor allem aber das oberflächliche Gewebe, enthalten jenen ebenerwähnten schwarzen Stoff. Der obere Teil ist gleichsam in den unteren eingefasst. Die Zellen laufen radiär nach dem Endosperm hin, von welchem die Chalaza durch eine Partie von Zellen völlig dunklen Inhalts getrennt wird. Alle Zellen der Chalaza führen fettes Öl.

[1] Historie des plantes IX, p. 405.

Das Sameneiweiss hat sehr ölreiche Zellen und von Poren durchzogene Zwischenwände. Die äussersten Zellen sind palisadenförmig geordnet mit verdickten Aussenwänden, aber gleichen Inhalts wie das übrige Endosperm.

Melampyrum cristatum und *nemorosum* verhalten sich im Wesentlichen wie *M. pratense*. Die Verteilung der Chalaza auf zwei Partieen ist jedoch recht undeutlich.

Veronica agrestis, Cymbalaria und hederaefolia. Tafel II, fig. 45—48.

Der Samen hat die Gestaltung einer niedrigen Schale mit umgebogenen Rändern. Vom Zentrum dieser Schale entspringt ein kurzer, breiter, zylindrischer Körper, welcher in der Höhe des Randes dermassen anschwillt, dass er fast den ganzen Diameter ausfüllt. Es ist dies der zum Elaiosom umgebildete Samenstrang. Er besteht aus in der Strangrichtung gestreckten dünnwandigen Zellen, welche fettes Öl und kleine Stärkekörner enthalten. Die angeschwollene Proximalpartie nach aussen etwas zottig zerrissen, wodurch der von den Ameisen gesuchte Inhalt noch mehr exponiert wird. Die Grenze des Samenstranges an den Epidermiszellen scharf. Die Grundzüge der Entwicklung des Samens sind bereits trefflich von CHATIN[1] geschildert.

Lathraea Squamaria. Tafel II, Fig. 44—45.

Samenschale mit grossen Testazellen wie bei *Puschkinia*. Der obere Teil ebenfalls leicht vergänglich, wonach der untere Teil wie eine Halbkugel in das untere Gewebe eingebettet ist, welches wiederum auf einer dünnen, inneren, festeren Samenschale ruht.

An der Hilumregion des anatropen Samens eine fettes Öl führende Anschwellung, die sicherlich ein Elaiosom ist.

Der Hepatica-Typus.

Theligonum Cynocrambe. Tafel II, Fig. 49.

Die Frucht dieser in systematischer Hinsicht so frei stehenden Pflanze ist eine Nuss, oder, wenn man die äussere, dünne, schnell vergängliche Schicht des Perikarps, die eine Fortsetzung des basalen Elaiosoms bildet, als Fruchtfleisch auffasst, eine Steinfrucht. Das eigentliche Elaiosom ist scharf abgesetzt. Von seiner Organographie sagt schon POULSEN:[2] »Anhangsweise mag hier bemerkt sein, dass Raphidenzellen in beträchtlichen Quantitäten die Fruchtschale, insbesondere deren Grund, wo sie eigentümlich ringwulstartig aufgetrieben ist, erfüllen, eine wahrscheinlich gegen Schneckenfrass gerichtete, biologische Anpassung, die schon den älteren Beobachtern der Pfl. auffällig war.» — Hierzu kommt nun noch der Ölgehalt dieser Zellen.

Adonis vernalis. Tafel II, Fig. 50.

Die Frucht ist, was ich in meiner Spridningsbiologi 301 betonte, eigentlich eine Steinfrucht. Das Fruchtfleisch ist von dünnwandigen, hyalinen Zellen gebildet, die nach

[1] Le développement de l'ovule et de la graine.
[2] *Cynocrambaceae* p. 123. ENGLER & PRANTL, Pflanzenfamilien.

aussen von einer Epidermis mit langen, einzelligen Haaren umgeben sind. Die Epidermiszellen mit einer fein und dicht gefalteten Cuticula.[1] Die Oberfläche des Fruchtsteins ist sehr uneben; sie besteht aus einem ziemlich kleinzelligen Sklerenchym.

Das Fruchtfleisch, besonderes die proximale Partie, ist wegen seines Ölgehaltes und seines biologischen Effektes als Elaiosom zu betrachten. Der proximale Teil ist, wenn frisch, rein weiss, der distale sticht mehr ins Grünlich-Hellgraue.

Ficaria ranunculoides. Tafel II, Fig. 56—57.

Der Hauptsache nach wie die vorige; der proximale Teil ist jedoch in eine 3,5 mm lange zylindrische Partie von hellgelber Färbung ausgezogen. Der Ölgehalt ist ferner in völlig ausgebildeten Früchten viel grösser. — Die Epidermiszellen gross, mit sehr stark faltiger Cuticula. Sogar an der Aussenseite der Aussenwände sitzen kleine rundliche Platten ausdiffundierten Öles, welche von Scharlach R. rot gefärbt werden. Sie enthalten denn auch zahlreiche Öltropfen, die man ebenfalls im Basalteil der Härchen findet. Die inneren Zellen führen auch Stärkekörner.

Hepatica triloba. Tafel II, Fig. 54—55.

Die Basis der Karpelle mit einem hyalin-weiss-schimmernden Anhang, dem Elaiosom. Tafel II, Fig. 55. Es besteht zu äusserst aus sehr grossen, schräg abwärtsgerichteten, hyalin-dünnwandigen Zellen, welche sich ringsum einen axilen Strang aus langgestrecktem Leitparenchym und Gefässelementen anordnen. Die auf dem Längsschnitte etwa 10 betragenden grossen Zellen gehen nach oben in die Epidermis der Fruchtschale und das Parenchym in ihr Assimilations- und Leitgewebe über. Der Ölgehalt ist hauptsächlich auf diese grossen, schlauchähnlichen Zellen konzentriert, die eine Grösse von 50 × 450 μ erreichen können. Die Epidermiszellen der Fruchtwand sind hingegen klein, auf dem Längsschnitt 37—55 μ lang und 18 μ hoch. Die Behaarung der Fruchtwand hört auf dem Elaiosom auf.

Fumaria. Tafel II, Fig. 61—66. Tafel V, Fig. 142—143.

Fumaria capreolata und *officinalis* haben an der Fruchtbasis einen Wulst, der den Ablösungspunkt ringförmig umgibt. Tafel II, Fig. 63. Dieser Wulst ist ein nur wenig differenziertes Elaiosom. Unter der Epidermis, welche die unveränderte Fortsetzung derjenigen der Fruchtwand bildet, ist das Grundgewebe des Exokarps zu einer hyalin-dünnwandigen Parenchymmasse angeschwollen, in der jedoch chloroplastführende Zellen häufig sind.

Bei *Fumaria spicata* ist die Differenzierung bedeutend weiter vorgeschritten. Das Elaiosom tritt hier durch die weisse Färbung so deutlich zu Tage, dass man seinetwegen und der Fruchtform halber eine besondere Gattung oder Untergattung aufgestellt hat: *Platycapnos*. Die Frucht ist hier nicht, wie bei der vorigen, kugelig

[1] Adlerz, Fruktväggens anatomi hos Ranunculaceae, p. 25.

sondern abgeplattet. Tafel II, Fig. 66. Näher an der Basis geht das Exokarp in ein Elaiosom über. Das mächtige Grundgewebe ist lakunös, und seine Zellen enthalten, wie auch die dünnwandigen Epidermiszellen, fettes Öl.

Potentilla alba. Tafel II, Fig. 58—59.

Öfters findet sich an der Basis der *Potentilla*-Früchte eine Anschwellung der Fruchtwand, welche besonders bei *P. paradoxa* NUTT. auffallend ist, wo sie etwas grösser als die eigentliche Frucht wird. In den meisten Fällen dürften die Zellen dieser Anschwellung zur Zeit der Fruchtablösung luftführend sein, wodurch demnach die anemochore Verbreitung erleichtert wird.

Bei *P. alba* ist sie jedoch während jener Periode ölführend. Wir haben somit ein Elaiosom, das sich wegen seiner weissen Färbung von dem braunen Samen abhebt. An der Basis des Elaiosoms sitzen lange, schräge nach oben gerichtete Haare. Taf. II, Fig. 00.

Waldsteinia geoides. Tafel II, Fig. 60.

Die an der Form und Grösse ein wenig an einen Rosinenkern erinnernde Frucht hat an der Basis eine ausgezogene, angeschwollene Partie der Fruchtwand. Tafel II, Fig. 60 a). Wahrscheinlich liegt hier ein Elaiosom vor. Es besteht, abgesehen von dem lateral verlaufenden Leitstrange, aus einer unter der behaarten, die ganze Frucht bekleidenden Epidermis gelegenen äusseren Schicht braunwandiger Zellen und einer inneren mit hyalinwandigen Zellen. Öltropfen konnte ich jedoch an dem von mir untersuchten Material des H. Berg. nicht nachweisen. Wahrscheinlich werden die Früchte hier, wie im H. B. U., selten ganz ausgebildet.

Der Parietaria lusitanica-Typus.

Parietaria lusitanica.

Die Verbreitungseinheit ist von einer Nuss und den dieselbe umgebenden Perigonblättern, deren unterer, mit der Blütenachse zusammengeschmolzener Teil als keulenförmiges Elaiosom scharf abgesetzt ist, gebildet. Diese kleine Anschwellung, deren weisse Farbe gegen die dunkelbraunen Perigonblätter kontrastiert, führt in den peripherischen Zellen Öltropfen. Die Epidermis hat emporgerichtete Haare.

Polygonum capitatum. Tafel III, Fig. 67. Tafel V, Fig. 144.

Während der Postfloration schliessen sich die 5—6 Hüllblätter, deren unterster Teil zu einer Röhre verwachsen ist, an der Spitze haubenförmig aneinander; die Röhre aber schwillt an und schliesst sich der Basis und dem Stiel des auswachsenden Fruchtknotens eng an. Die Verbreitungseinheit, nämlich die von der Hülle umgebene Frucht, löst sich bald danach ab und fällt zu Boden. Die Hülle ist dann mehr-

farbig: Röhre weiss, die untere Hälfte der freien Hüllblätter grünlich und die obere rosafarben. Auf der Grenze der weissen und der grünen Partie schimmert die schwarze Frucht hindurch. In der Hülle sind die noch frischen Staubblätter und Griffel mit bedeutenden Fragmenten der Antheren und Narben sitzen geblieben. Das Elaiosom besteht aus dieser Röhre und dem damit verwachsenen Stiele. Die Hauptmasse des Öls liegt jedoch in dem morphologischen Blattteile, vor allem in den äusseren Epidermiszellen. Diese bilden ein Palissadengewebe grosser — 45 × 140 μ messender — Zellen, welche oberhalb des Elaiosoms schnell in das Epidermisgewebe der distalen Hüllenpartie übergehen. Hier sind die Zellen klein, tangential gestreckt, bis 45 μ breit, aber nur 20 μ hoch. Die Ähnlichkeit in entwicklungsgeschichtlicher Beziehung mit *Hepatica* ist auffallend. Unmittelbar unter diesen Ölzellen liegt eine Schicht kleiner Zellen mit je einer Drüse Kalciumoxalatkristalle.

Der Ajuga-Typus.

Schon die älteren Morphologen, wie GÄRTNER[1] und SCHRADER,[2] richteten die Aufmerksamheit auf ein eigentümlicher Organ, von SCHRADER *Strophiolum* oder *Processus strophiolatus* genannt, an der Basis der *Borraginaceen*-Frucht. CHATIN[3] und ARESCHOUG,[4] die dasselbe näher untersucht haben, zeigten, besonders der letztere, dass dieses Organ, das CHATIN »le pied» oder »le pédicule» und ARESCHOUG »foten» benannten, einen Teil der Blütenachse war, welcher die Teilfrüchte bei ihrer Abtrennung begleitete. Die Anatomie ist von OLBERS[5] bearbeitet. ARESCHOUG bewies, dass eine solche Fuss-Bildung auch viele *Labiaten* charakterisiert. Ich nenne das Organ *Pseuodostrophiole*, und habe gezeigt, dass es bei mehreren Arten als Elaiosom fungiert.

In einigen Fälle dürfte auch das Fruchtblatt an dem Baue der Pseudostrophiole Teil nehmen, wodurch der Übergang zum *Hepatica*-Typus vermittelt wird. Speziell dürfte dieses bei der Pseudostrophiole der Gattung *Lamium* der Fall sein, deren Entwicklungsgeschichte ich in einer anderen Arbeit beschreiben werde.

Anchusa arvensis, officinalis und italica.

Grosse asymmetrische Teilfrüchte mit grob skulptierten, kräftigen Schalen. Die weisse Pseudostrophiole hebt sich scharf gegen die schwarze Fruchtschale ab, wie bei den folgenden Borragineen. — Nähere Details über den Bau der Frucht und der Pseudostrophiole finden sich bei CHATIN und OLBERS in ihren eben zitierten Arbeiten.

[1] De fructibus et seminibus plantarum. I p. 321—328.
[2] De Asperifoliis Linnei p. 11.
[3] Le développement de l'ovule.
[4] Om Borragineernas och Labiaternas frukt.
[5] Om fruktväggens byggnad hos Borragineerna.

Borrago.

Von den zwei mir zur Untersuchung vorliegenden Arten, *laxiflora* und *officinalis*, besitzen beide sehr grosse und gut entwickelte Pseudostrophiolen, insbesondere die letztere. Die Einfassungspartie bei *B. laxiflora* kräftig, mit einwärtsgebogenem Marginalteile.

Die Pseudostrophiole von *B. officinalis* dürfte ziemlich bekannt sein und wird mehrmals in der systematischen Literatur erwähnt unter Bezeichnungen wie z. B. »une base hémisphérique» (BAILLON, Histoire des plantes X, p. 345, wo die morphologische Bedeutung nicht berührt wird). — Es ist ein glänzend weisser, rundlicher Körper, von dem sich eine 2 mm im Durchmesser betragende Halbkugel aus der Einfassung der schwarzen Frucht herausstreckt. Sie besteht aus grossen, der Fruchtbasis winkelrecht entgegengestellten, langgestreckten Zellen, welche ziemlich kleine Portionen fetten Öls enthalten. Nach aussen werden sie von kleinen, rundlichen Zellen begrenzt, welche Teile jenes Ablösungsgewebes sind, vermittels dessen die Pseudostrophiole sich von der übrigen Partie der Blütenachse losgetrennt hat. Dasselbe kleinzellige Gewebe verbindet die Pseudostrophiole mit dem Marginalteil der Einfassungspartie, in welche Gefässe und Leitparenchym von der Blütenachse aus eindringen.

Caryolopha sempervirens. Tafel III, Fig. 68.

Die Einfassungspartie der Pseudostrophiole sehr schräg ausgebildet mit einwärtsgebogenem Marginalrande. Vgl. übrigens OLBERS!

Myosotis sparsiflora. Tafel III, Fig. 69.

An der Basis der Teilfrucht ist ein keilförmig gespitzter, glänzend weisser, kleiner Körper erkennbar, welcher von den Systematikern lange bei dieser und einigen nahestehenden Arten beachtet worden, und auf Grund des Vorhandenseins dieses Organes hat man sogar eine besondere Gattung oder Untergattung: *Strophiostoma* aufgestellt. GÜRKE,[1] welcher eine gute Abbildung liefert,[2] nennt es *Caruncula*. Das ist es indes nicht, sondern eine als Elaiosom funktionierende Pseudostrophiole. Die langen Zellen haben zahlreiche Öltropfen. Die Einfassungspartie ist verhältnismässig schwach ausgebildet.

Nonnea. Tafel III, Fig. 70—72.

Die sehr schiefen Früchte haben dieselbe Beschaffenheit wie die im Vorigen besprochenen Arten; aus ihrer kräftigen Einfassungspartie ragt aus der ein halbkugelförmiger oder zapfenförmiger Teil der Pseudostrophiole hervor. Ausgeprägtes Verwachsen der Innenseite der Marginalpartie und der Pseudostrophiole. — Die Wand der Teilfrüchte kräftig skulptiert. Die von GÜRKE (l. c. p. 116) gegebene Abbildung von

[1] *Borraginaceae* in ENGLER und PRANTL, Die natürlichen Pflanzenfamilien, S. 119.
[2] L. c. p. 120.

N. ventricosa (SIBTH & SM.) GRIS. zeigt eine weit vorragende Pseudostrophiole. Die Frucht hat eine höchst merkwürdige Form und Skulptur, was ein näheres Studium ihrer Biologie wünschenswert scheinen lässt.

Pulmonaria. Tafel III, Fig. 74 & 74.

P. officinalis ist hinsichtlich der Morphologie und Anatomie ihrer Pseudostrophiole schon von ARESCHOUG[1] und OLBERS[2] beschrieben worden. Nachdem LUDWIG[3] beobachtet, dass sie myrmekochor ist, wies ich nach, dass diese Eigenschaft auf der Natur der Pseudostrophiole als eines Elaiosoms beruht. Die schiefen Teilfrüchte mit ihrer dunkelbraunglänzenden, glatten Oberfläche und deren feinen Pubeszenz erinnern, meint DELPINO,[4] an den Hinterkörper der *Camponotus pubescens.*

P. mollissima. Die Marginalpartie ist kräftig und ihr Rand löst sich in einer breiten Fläche von den um die Pseudostrophiole gelegenen Teilen der Blütenachse ab. Diese ist sehr gross, halbkugelig. Vom Zentrum der Basis der Halbkugel aus geht ein mächtiger Strang langgestreckten Parenchyms in das Innere der Frucht. Die Verbindung mit der Innenseite der Marginalpartie ist verhältnismässig schwach. Die Grundmasse der Pseudostrophiole besteht aus langen ölführenden Zellen und ist von einem Ablösungsgewebe umgeben, das aus einer Schicht rundlicher, polygonaler, kleiner Zellen besteht.

Symphytum.

S. officinale. Die Pseudostrophiole sehr gross. Mächtige Verbindung mit der als ein nach innen stark konkaver Ring ausgebildeten Einfassungspartie. Seine Natur als Elaiosom wurde bereits von SCHMEIL[5] vermutet, welcher l. c. p. 133 sagt: »Die glänzend schwarzen Gebilde sind am Grunde ausgehöhlt und besitzen daselbst einen weissen, *fleischigen Anhang.* Ob der Anhang wie der am Samen des Veilchens von Ameisen verzehrt wird, also der Verbreitung der Pflanzen dient, ist mit Sicherheit nicht erwiesen». Er fügt eine gute Abbildung bei.

S. bulbosum. Die Einfassungspartie durch eine kräftige Einschnürung von der übrigen Partie der Teilfrucht getrennt. Am Rande derselben entspringt eine Reihe von 10—12 etwa 0,75 mm langen, nach innen gerichteten Zähnen, die zusammen gleichsam eine Einfassung um das Elaiosom bilden.

Ajuga orientalis, pyramidalis und reptans. Tafel III, Fig. 75—83.

Bei der Fruchtablösung zerfällt der die Teilfrüchte umgebende Teil der Blütenachse in vier Partieen, deren jede eine Teilfrucht begleitet und den grössten Teil der grossen, unregelmässig elliptischen Ablösungsfläche bedeckt. Diese Pseudostrophiolen sind infolge der Teilungsweise und des vom Gynoecäum ausgeübten Druckes häutchen-

[1] Om Borragineernas och Labiaternas frukt.
[2] Om fruktväggens byggnad hos Borragineerna.
[3] Biologische Beobachtungen an Helleborus foetidus.
[4] Nach müntlicher Mitteilung $19^{28}/_{9}03$.
[5] Lehrbuch der Botanik.

artig und scharf gekielt. Sie bestehen aus dünnwandigen, hyalinen Zellen mit reichlichem Öl und etwas Stärke. — Die Wand der Teilfrüchte besteht aus einem inneren, von Steinzellen aufgebauten Endokarp, das auf der Aussenseite stark und tief grubig ist, und aus einem Exokarp von dünnwandigen Zellen mit Chloroplasten, Öltropfen und Stärke; zu äusserst ist dann eine gut differenzierte Epidermis gelegen.

Lamium album und L. maculatum. Tafel III, Fig. 84.

Das Elaiosom ist ein grosses Organ, das indessen selten in der Literatur beachtet oder abgebildet ist; eine gute Abbildung des Elaiosoms von *L. album* gibt jedoch BAILLON, Histoire des plantes XI p. 2 Figg. 8 & 9.

Wie oben erörtert wurde, besteht es aus miteinander zusammenfliessenden Achsen- und Fruchtwandbildungen. Die äusseren Zellen sind gross, in der Länge der Frucht gestreckt und führen reichliche, oft sehr grosse Öltropfen. Scharfe Kontrastwirkung des weissen Elaiosoms und der dunkelgrünen Fruchtwand.

Rosmarinus officinalis. Tafel III, Fig. 85. Tafel VI, Fig. 145.

Der Fruchtboden ist ein grosses halbkugelig-konisches Organ, von dem sich, wenn es nicht in seiner Gesamtheit mit allen Teilfrüchten abfällt, vier Partieen, jede sich ihrer Teilfrucht anschliessend, aus seichten Vertiefungen desselben abscheiden. Diese Partieen, die an der andern Seite von den mit mächtigen Einfassungsringen ausgerüsteten Ansatzflächen der Teilfrüchte umschlossen sind, bestehen aus gegen die gewölbte Ablösungsfläche radiierenden und gestreckten, auffallend dünnwandigen Parenchymzellen mit sehr spärlichem Öl. Die zurückgebliebene Partie, die gegen das Zentrum von Leitbündeln durchzogen ist, besteht an der Pseudostrophiole aus kleinzelligem, dünnwandigem Parenchymgewebe, das an dem Kontakt als Trennungsgewebe ausgebildet ist.

Der Aremonia-Typus.

Hierher gehören vorläufig nur 2 Arten, welche zwei weit voneinander getrennte Familien vertreten, aber hinsichtlich des allgemeinen Bildungstypus ihrer Verbreitungseinheiten recht gleichartig sind.

Aremonia agrimonoides. Tafel III, Fig. 90—91. Tafel VI, Fig. 146.

Die Scheinfrucht besteht aus einer Nuss, die von dem einem von sitzengebliebenen Kelche gekrönten Blütenboden umschlossen wird, welcher die unmittelbare Fortsetzung eines proximalen, kompakten, tonnenförmig angeschwollenen, etwa 2 mm hohen und 2,5—3 mm breiten Körpers bildet. Dieser hebt sich durch seine weissliche Färbung von dem sonstigen grünlichen Teil der Verbreitungseinheit ab, ist aber wie letzterer mit langen Härchen bedeckt. Seinem Baue nach besteht er im Innern aus einer kom-

pakten Gewebemasse kleiner parenchymatischer Zellen, welche von einem nach oben in die Frucht und ihre Hülle fortsetzenden Leitungsgewebe durchzogen sind. Nach aussen wird dies Gewebe lockerer und schwammig. Dieses ganze Grundgewebe enthält spärlich Öl und beweist demnach, dass der betreffende Körper ein Elaiosom ist. Zu äusserst liegen lange, zur Längsachse der Verbreitungseinheit schräge gestellte Epidermiszellen. Die Haare sind lang und schmal.

Thesium alpinum. Tafel III, Fig. 92.

Das Elaiosom wird gebildet von derjenigen gelben Partie der Blütenachse, welche unmittelbar unter dem unterständigen Fruchtknoten gelegen ist. Es besteht teils aus einem mächtigen zentralen Leitungsgewebe, das sich in die Fruchtknotenbasis ausbreitet und von hier sowohl nach dem Innern als nach der Wand hin verläuft, teils aus einer mit dicken Aussenwänden ausgerüsteten Epidermis, und teils aus einem mächtigen Grundgewebe dünnwandiger Zellen mit zahlreichen Öltropfen. Dieses ebenfalls mehrere Zellenschichten mächtige Ölgewebe erstreckt sich ein Stück um den Fruchtknoten nach oben hin unmittelbar unter seine Epidermis. — Das eigentliche Elaiosom, das einen 2 mm langen zylindrischen Körper bildet, wird leicht zerquetscht und trocknet rasch, was erklären dürfte, dass es kaum in der deskriptiven Literatur erwähnt wird.

Der Carex digitata-Typus.

Es ist dies, mit einziger Ausnahme von *Carex montana*, ein kleiner, einheitlicher Typus; derselbe wird gebildet von einigen *Carex-Arten*, die zu *Heterostachyae tristigmaticae* gehören und einen behaarten Utriculus besitzen, dessen Proximalteil in ein Elaiosom umgewandelt ist. Bei *Carex montana* ist jedoch auch der Distalteil als Elaiosom ausgebildet.

Carex montana. Tafel III, Fig. 94. Tafel VI, Fig. 148.

Das proximale Elaiosom bildet einen gestreckten, langsam sich verschmälernden Körper, der ungefähr $^1/_3$ von der Länge der Verbreitungseinheit besetzt. Gleichwie bei dem *Polygonum capitatum*-Typus nimmt auch hier der Fruchtstiel, der mit der ihn umgebenden, hier von einem Vorblatt gebildeten Blattröhre verwachsen ist, bis zu einem gewissen Grade an dem Aufbau des Elaiosoms teil. Die Hauptmasse des Elaiosoms bildet jedoch das Mesophyll des Blattes, das mehr oder weniger zahlreiche Öltropfen enthält. Übrigens treten in diesen Zellen, wenn auch nicht so zahlreich, wie in den übrigen Teilen des Utriculus, einige Chloroplasten sowie ausserdem Stärkekörner auf. Die zahlreichen, abwärtsgerichteten Haare, die sich an dem darüber liegenden Teil des Utriculus finden, kommen hauptsächlich an der obersten Partie des Elaiosoms vor.

Das distale Elaiosom zeigt eine Entwicklungsform, die stark an diejenige erinnert, die wir bei *Hepatica* und *Polygonum capitatum* kennen gelernt haben. Die Epidermiszellen der gewölbten Spitze des Utriculus sind sehr gross, schräg palissadenförmig gestellt, ölführend. Ihre Länge beträgt etwa 230 μ und ihre Breite etwa 70 μ, während die Zellen des normalen, darunter liegenden Epidermisgewebes, zu dem sie

einen schroffen Übergang zeigen, etwa 20 μ hoch und 30—50 μ breit sind. Die Dicke der Aussenwände beträgt bei beiden etwa 9 μ.

Carex digitata, ericetorum, ornithopoda und verna. Tafel III, Fig. 93 & 95. Tafel VI, Fig. 147.

Die Differenzierung des proximalen Elaiosoms ist insofern stärker, als die Chloroplasten spärlicher sind. In dem von mir untersuchten Material sind auch die Öltropfen zahlreicher. Haare finden sich nur an der obersten Partie. Bei *C. ericetorum* und *C. verna* ist die Verschmelzung von Utriculus und Achsenpartie am besten durchgeführt. Bei *C. ornithopoda* findet sich über der Vereinigungsstelle eine lange, freie Partie der Achse, auch bei *C. digitata* erscheint dieselbe, ist jedoch kürzer. — Die Epidermiszellen der Distalpartie zeigen den gewöhnlichen Typus.

Der Melica nutans-Typus.

Melica nutans und major. Tafel III, Fig. 96.

Wie schon oben erwähnt, enthält das Ährchen zwischen den beiden Hüllspelzen zwei fertile Blüten, die beide von je einer Deckspelze und je einer Vorspelze umgeben sind. Hierdurch entstehen zwei Verbreitungseinheiten, eine untere, anemochore, und eine obere, myrmekochore, welch letztere von dem in ein Elaiosom umgewandelten darübersitzenden Teile der Infloreszenz begleitet ist. Die anemochoren Verbreitungseinheiten sind breiter, etwa 4 mm; die abgeplattete Deckspelze bildet ein besseres Flugorgan für die relativ grosse Frucht als es bei der etwa 2 mm breiten myrmekochoren Verbreitungseinheit der Fall ist, deren Deckspelze nachenförmig eingekniffen ist und deren Elaiosom ausserdem durch sein Gewicht wirkt (vgl. SERN., Spridningsbiologi 296—297). In dem Elaiosom, das aus einem Stiel und einem schräg keulenförmigen Teil besteht, ist die Hauptmasse dieses letzteren aus der Rachis selbst und aus den metamorphosierten Spelzen der untern Blüte gebildet; doch sind Rudimente von noch fernern 3 leicht wahrzunehmen. Sowohl die Spelzen als auch die Rachis sind von einer mit verkieselten Wänden versehenen Epidermis bedeckt. Diese Zellen sind von zweierlei Art; es finden sich grössere, langgestreckte und zwischen ihnen eingekeilt kleinere, kürzere. Besonders die Aussenwand der letztern hat eine mächtigen Kieseleinlagerung. Kurze spitze Haare mit verkieselter Wand finden sich nicht nur an den grossen Spelzen, sondern auch an der Rachis und sogar an den beiden obersten Spelzrudimenten, die sich haubenförmig über den Vegetationspunkt wölben.

Das Organ, das ich hier Elaiosom genannt habe, ist es kaum im eigentlichen Sinne des Wortes. Es ist mir nämlich bis jetzt noch nicht gelungen, hier ein fettes Öl zu finden, ausser in der Gestalt ganz vereinzelter Tröpfchen, und auch keinen andern Stoff zu entdecken, der als Anlockungsmittel dienen könnte. Das Protoplasma ist sehr spärlich; Stärke und Proteïnstoffe fehlen, und die Zellmembranen zeichnen sich nur, wie gesagt, durch ihre besonders in der Epidermis und den Haaren auftretenden Verkieselung aus. Und doch beweisen Beobachtungen und Experimente ganz entschieden, dass es in durchaus nicht geringem Grade von mehreren Ameisen-

arten aufgesucht wird, und in dem Auswurfgut vor Ameisennestern habe ich oft myrmekochore Verbreitungseinheiten gefunden, deren Elaiosome so angefressen waren, dass ausser den Rachisgliedern und den gröbern Blattnerven kaum noch etwas übrig gelassen war.

Melica major stimmt in allem Wesentlichen mit der vorhergehenden überein. Doch sind beide Arten von Verbreitungseinheiten mehr in die Länge gezogen.

Der Euphorbia-Typus.

Über den Übergang in den *Viola odorata*-Typus siehe diesen.

Claytonia perfoliata. Tafel III, Fig. 98.

An der platten Basis der schwarzen, glänzenden Samen sitzt eine kleine, weissglänzende, konische Strophiole mit ölführenden, dünnwandigen Zellen. Diese Strophiole hat wohl ihre eigentliche Bedeutung als Trennungsapparat. Ob sie in irgend einem Teile des ausgedehnten Verbreitungsgebietes der Art tatsächliche Bedeutung als Elaiosom hat, muss erst noch untersucht werden.

Euphorbia. Tafel III, Fig. 100 & 101.

Wie bei einer grossen Anzahl *Euphorbiaceen* ist die Mikropyle auch hier von einem wulstartigen Auswuchs bedeckt, der in der Literatur *Caruncula* genannt wird. Seiner morphologischen Natur nach ist jedoch dieser Auswuchs bei den einzelnen Gattungen dieser Familie recht verschieden. Eine echte, von der Mikropylenregion gebildete Caruncula scheint sich z. B. nach der von Engler[1] nach Harz S. 173 gegebenen Figur bei *Ricinus communis* zu finden. Bei der Gattung *Euphorbia* dürfte sie jedoch von der Hilumregion oder von benachbarten Teilen des Plazentargewebes gebildet und somit eine proximale Strophiole sein; wenigstens ist dies nach Pax'[2] Untersuchungen der Fall bei *E. dioica*. Da ich indessen weder bei dieser noch bei der folgenden Gattung Veranlassung gehabt, auf irgend welche entwicklungsgeschichtliche Kontrolluntersuchungen einzugehen, benutze ich vorläufig, obgleich unter ausdrücklichem Vorbehalt, den überall gebräuchlichen Ausdruck *Caruncula* für das in Rede stehende Organ.

Man glaubt, dass die Bedeutung der Caruncula darin bestehe, den Pollenschlauch an die Mikropyle zu leiten. Darum ist es interessant zu sehen, dass sie nach Beendigung dieser Funktion bei warscheinlich vielen *Euphorbiaceen* eine neue erhält, nämlich als Elaiosom. Bei mehreren *Euphorbia*-Arten habe ich gefunden, dass sie zu einem grössern oder kleinern gelblichen, plankonvexen, gerundeten Körper anwächst, dessen Zellen u. a. ein fettes Öl, aber auch, so z. B. bei *E. Myrsinites*, Eiweissstoffe enthalten. Nur bei *Euphorbia Helioscopia* ist die postflorale Ausbildung der Caruncula

[1] Engler & Prantl, Angiospermae.
[2] Engler & Prantl, Euphorbiaceae, p. 9—10.

schliesslich so schwach, dass ihr alle Bedeutung als Lockmittel fehlt. Die Grösse des Elaiosoms steht bei den von mir untersuchten myrmekochoren Arten im Verhältnis zur Grösse des Samens, am grössten ist es an den bei BAILLON[1] abgebildeten riesigen Samen von *E. lathyris* (Taf. III. Fig. 101), am kleinsten bei den kleinsamigen *E. peplus* und *E. peploides.*

Mercurialis annua und perennis. Tafel III, Fig. 102 & 103.

Die kugeligen, grossen Samen sind mit einer Caruncula ausgerüstet, die mit der äussern Samenschale verschmilzt. Dieselbe ist weiss und hat dünnwandige Zellen, die häufig von Öltröpfchen angefüllt sind. Dieses Ölgewebe verliert sich in die umgebenden äussern Partieen der Samenschale.

Viola elatior.

Die proximale Strophiole ist zu einem Elaiosom in der Gestalt einer plankonvexen, gerundeten Scheibe umgebildet, die mit einem stärkeren Auswuchs die Mikropylenregion umschliesst. Sie besteht aus Leitungssträngen, die an den Samen führen, und ausserdem aus zwei Geweben. Zu äusserst liegt eine Epidermis von etwa 50 μ hohen und 32 μ breiten Palissadenzellen, die Aussenwände sind 9 μ dick, stark lichtbrechend und färben sich intensiv gelbbraun in Chlorzinkjod, die übrigen Wände bestehen, wie die der daruntenliegenden Zellenschicht, aus reiner Zellulosa. Das Lumen ist mit Plasma gefüllt, das reichlich Öltröpfchen enthält. Darunter liegt ein Gewebe von relativ kleinen, parallelepipedischen Zellen, die vom Hilum in fächerförmigen Reihen ausstrahlen. Auch hier finden sich Plasma und Öl reichlich.

Der Polygala-Typus.

Polygala vulgaris. Tafel III, Fig. 104 & 105.

Die Verbreitungseinheit löst sich leicht von ihrem Stiel und wird dann vom Winde herumgetrieben. Die platte und geflügelte Kapsel öffnet sich, sobald die Wand ausgetrocknet ist, worauf die Samen herausfallen. Dieselben sind länglich, abgeplattet mit bikonvexem Querschnitt, dunkelbraun, dicht feinhaarig. Sie besitzen zwei Elaiosome, ein grosses, proximales und ein kleines, distales. Jenes besteht aus einem grossen, glänzend weissen Körper, der von der schnabelförmig zugespitzen, an der Samenbasis etwas exzentrisch gelegenen Mikropylenregion ausgeht, dann sich kräftig zurückbiegt und ein Stück an dem Samen hinaufreicht, gegen dessen Schale seine Farbe scharf kontrastiert. Es ist ein kleiner Arillus, der nach der übereinstimmenden Ansicht der Systematiker und Morphologen von dem die Mikropyle umgebenden äussern Integument gebildet, also eine echte *Caruncula* ist. Meiner Erfahrung nach dürfte dies richtig sein, doch trägt in gewissem Grade auch die Raphe zu ihrer Bildung bei. Sie erstreckt sich von der Caruncula als ein feiner, kaum merkbarer Faden an dem

[1] Histoire des plantes V, p. 106.

einen Rande des Samens entlang und vereinigt sich an der Chalaza mit ihrer Anschwellung, dem distalen Elaiosom. Der proximale Teil des Arillus ist von einer Schicht pfeilerförmigen Zellen mit engen Lumina und lichtbrechenden Wänden bekleidet, die von Chlorzinkjod gelb gefärbt werden, was, wenn auch etwas schwächer, der Fall ist bei allen Zellenwänden des Arillus. Zwischen diesen Pfeilerzellen sind zerstreute Haare, die denselben Bau wie die der Samenschale besitzen, eingefasst. Unter ihnen liegt eine Schicht isodiametrischer Zellen mit zusammengebogenen, relativ derben Wänden. Die obere Partie des Arillus ist in einige Zipfel geteilt; diese Zipfel bestehen aus längsgerichteten, keulenähnlichen Zellen, und in ihnen trifft man die Öltröpfchen an.

Der Amberboa-Typus.

Von dem mit einem grossen und effektiven Fallschirmapparat ausgerüsteten *Amberboa*-Achaenium selbst führt eine Reihe von Übergängen zu Achaenien, in denen dieser Apparat zu einem Kranze kurzer, für diesen Verbreitungsmodus belangloser Haare zusammengeschrumpft ist. Mit eben demselben Recht könnte man die letzteren zu dem *Hepatica*-Typus zählen.

Amberboa. Tafel III, Fig. 106.

In dieser nordafrikanisch-südeuropäischen Gattung sind die Achaenien mit einem Pappus von scheibchenförmigen, glänzenden Schuppen ausgerüstet, die zusammen den Fallschirmapparat bilden. Bei einigen Arten wenigstens sitzt an der Basis der behaarten Achaenien ein grosser, deutlicher Wulst, und zwar bei *A. Lippii* und *A. maroccana* Barr. & Murb. lateral, bei *A. leucantha* Coss. fast apikal, wie Murbeck[1] in Bezug auf die beiden letzten Arten erörtert und abgebildet hat. Dieser von Murbeck *Hilum* genannte Wulst ist morphologisch eine Weiterentwicklung des Proximalteiles des Exokarps und fungiert, wie die mit *A. Lippii* gemachten Experimente zeigen, als Elaiosom.

Centaurea. Tafel III, Fig. 107—111.

Eine ganze Reihe von den Arten dieser grossen Gattung hat den Ameisen mehr oder weniger begehrliche Früchte, deren Myrmekochorie durch Elaiosome bedingt ist, die denen der vorigen Gattung ziemlich ähnlich sind. Der Fallschirmapparat ist hier jedoch schwächer; er besteht nämlich aus Pappushaaren, die für die anemochore Verbreitung nicht so effektiv sind, wie die *Amberboa*-Scheibchen; dies ist besonders bei einigen Arten der Fall, bei denen, nach der Erwerbung des Elaiosoms als eines durchaus wirksamen Verbreitungsmittels, der Haarkranz so reduziert worden ist, dass, wie eben angedeutet, der Übergang zu dem *Hepatica*-Typus ganz klar und deutlich da steht. Von den 7 Arten: *C. Cyanus*, *depressa*, *Scabiosa*, *montana* **axillaris*, *dealbata*, *Jacea* und *ochroleuca*, für deren behauptete Myrmekochorie ich organographische und experimentelle Beweise habe, besitzen die 3 ersten einen ziemlich starken, die 4 letzten einen sehr schwachen Kranz von Pappushaaren. Bei einigen Arten, besonders bei

[1] Contributions à la flore de la Tunisie. Série II, p. 56—57; tab. XIII et XIV.

C. Cyanus, haben diese Haare für eine Art der autochoren Verbreitung eine gewisse Bedeutung. Die Achaenien haben bei allen von mir untersuchten Arten ein glänzendes, glattes Äusseres, was zu ihrem Ausschlüpfen aus dem Körbchen beiträgt. Auch die Pappushaare tragen dazu bei, die Achaenien bis an den Rand des Hüllkelches zu heben. Die Hüllkelchblätter sind hygroskopisch, infolgedessen die Funktion des Hüllkelches als biologischer Kapsel noch prägnanter wird. Diese Funktion desselben kann sich dahin potenzieren, dass eine bei den Myrmekochoren äusserst seltene Erscheinung, nämlich *Bradysporie* (über den Bedeutung dieses Ausdrucks siehe das folgende Kapitel!), eintreten kann. Erst spät im Herbst erreichen nämlich, wenigstens in dem nördlichsten Klima, viele Hüllkelche von *C. Cyanus*, *Jacea* und *Scabiosa* die Fruchtreife, und sie geraten, wie ich in meiner Spridningsbiologi gezeigt, sogar unter die Wintersteher. Man darf jedoch nicht glauben, dass alle Hüllkelche, die im Winter aus dem Schnee hervorsehen, Achaenien enthalten, vor allem nicht die von *C. Scabiosa*. Auch sind häufig die zurückgebliebenen Achaenien mehr oder weniger verkümmert oder von Insektenlarven angegriffen, was zu ihrer Arretierung im Innern des Hüllkelches beiträgt. Als Beispiel sei folgende Tabelle einer Generalprobe von 50 Körbchen von *C. Cyanus* mitgeteilt; eingesammelt waren sie $19^{5}/_{1}02$ an einem Strassenrande bei Örebro, Schweden.

Mit (nebst untauglichen) tauglichen Früchten, keine von Larven angegriffen	5
» » » » » , von Larven zerstört	1
» nur untauglichen Früchten, von denen einige mit Insektenfrass	44

Die Elaisome haben die Form langgestreckter Wülste an der Basis des Achaeniums, wo sie lateral oder zuweilen fast apikal sitzen. In gewisser Beziehung interessant ist die Tatsache, dass das Elaiosom von *C. axillaris*, *depressa* und *ochroleuca* an der Grenze des Achaeniums von einem Kranze feiner, bei *C. ochroleuca* bis 2 mm langer Haare umgeben ist; bei *C. cyanus* findet sich ein derartiger basaler Haarschopf.

Der Fedia-Typus.

Fedia Cornucopiae. Tafel III, Fig. 112—125.

Dass sich diese Pflanze durch gewisse auffallende Eigentümlichkeiten des fruktifikativen Systems auszeichnet, weiss man schon lange. Höck[1] fasst dieselben folgendermassen (l. c. p. 174): »Andere Arten von *Valerianella* sowie *Fedia* zeigen eine schwammige Ausbildung des Pericarps. Letztere Gattung sowie die Arten der Section *Cornigerae* sind durch eigenthümlichen (auch bei anderen *Valerianellae* angedeuteten) Dimorphismus der Fr. ausgezeichnet; die endständigen Fr. sind 3-, die seitenständigen 4-fächerig. Alles dies hängt sicher mit Vorgängen bei der Verbreitung zusammen. In letzteren Fall bleibt nach Ascherson (Subflorale Achsen als Flugapparat) bei der Ablösung der Fr. ein hohles Stengelglied an diesen sitzen. Unzweifelhaft von Bedeutung für die Verbreitung ist die Ausbildung des

[1] Valerianaceae in Engler & Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien.

Kelches an der Fr.» und p. 178: »Fr. 2-gestaltig (s. o.), bei den 3-fächerigen sind die sterilen Fruchtfächer länger und schmäler als das fertile. K. 2—4 zähnig, nach d. Bl. nicht vergrössert.» Ausserdem illustriert er p. 177 die Morphologie der Infloreszenz und der Frucht durch einige Abbildungen.

Diese Darstellung des Fruktifikationsystems von *Fedia* stimmt nur ungenau und zum Teil gar nicht mit den Tatsachen überein. Durch meine Beobachtungen an sizilianischem Material (Frühjahr 1903) bin ich zu folgenden Ergebnissen gelangt.

Sie ist eine hapaxanthe Pflanze, deren fruktifikative Entwicklung sich auf die letzte Hälfte der Frühlings beschränkt (vgl. p. 150). Die Blüte beginnt im März; gegen das Ende des April und im Laufe des Mai fallen die Individuen buchstäblich in Verbreitungseinheiten auseinander, deren sich Wind und Ameisen bemächtigen.

Um den Bau und die Zusammensetzung dieser Verbreitungseinheiten zu verstehen, müssen wir einige Punkte der Organographie der Infloreszenz und der Blüte erörtern.

Einige Internodien oberhalb des epikotylen Blattpaares beginnt die Infloreszenz in der Gestalt eines Dichasiums, das in seinen äussersten Verzweigungen dadurch, dass der aus dem einen Blattpaare hervortretende Spross steril ist, zu einem Monochasium wird, in dem sich die meisten Blüten des Individuums sammeln. Dicht an den einzelnen Gipfelblüten der Dichasien sitzen Laubblatt-, später Hochblattpaare, aus deren Achseln zuerst gestrecktgliedrige, später kurzgliedrige Sprosse sitzen, die in eine Blüte endigen; und so geht es immer weiter bis in die nur Hochblätter tragende monochasiale Region. Hier werden die Hochblätter immer kleiner und die Sprossachsen immer schwächer und kürzer gegliedert; der sterile Spross ist jedoch in seinem die Gabelfrucht umfassenden Teile nur wenig schwächer ausgebildet als der entgegenstehende fertile Spross. Ein Diagramm dieser Region hat Eichler abgebildet; eine Partie derselben mit reifen Früchten findet sich bei Baillon, Histoire des Plantes p. 507.

Der Fruchtknoten ist in sämtlichen Blüten dreifächerig, doch findet sich, wie gewöhnlich bei den *Valerianaceen*, eine Samenanlage nur in einem Fache. Dieses fertile Fach fällt rechts, die beiden sterilen links von der Mittelebene der Blüte. Die zwischen den sterilen Fruchtknoten- (bezw. Frucht-) fächern befindliche Wand wird im folgenden die sterile Zwischenwand genannt. Die Seite des Fruchtknotens (bezw. der Frucht), auf welche das fertile Fach fällt, nenne ich die dorsale, die, auf welche das sterile fällt, die ventrale Seite. — Die gewöhnlich 4 Kelchblätter sind in der Anthese klein und undeutlich.

Die Verbreitungseinheiten sind, hauptsächlich wegen einer sehr auffälligen Heterokarpie, verschiedener Art, wie folgt.

I. Die dichasiale Region.

1) Die Früchte, die ich im folgenden *die eingefassten* nenne, sind bei der Reife von den Basen der Sprosse, die, wie eben gesagt, in den betreffenden Blattachseln sitzen, vollständig eingeschlossen oder eingefasst. Es lösen sich Systeme solcher, ebenso wie die Blätter, jetzt trockenen und strohartigen Internodien voneinander ab, sie umschliessen eine oder mehrere Früchte und sind Bodenläufer (Sern. Spridningsbiologi p. 12). — Diese eingefassten Früchte haben zwei entwickelte Kelchzipfel.

Der Querschnitt ist unregelmässig viereckig; die Ansatzfläche gross. Diese Früchte werden *nicht* wie die übrigen, von ihrer Achse abgelöst; wenn man sie gewaltsam abzutrennen sucht, reisst man häufig Gewebepartieen dieser Achse mit ab. Tafel III, Fig. 112—115.

Varianten. Früchte behaart oder fast glatt. Kelchzipfel klein oder gross, auswärts- oder aufwärtsgerichtet. Mit oder ohne Rudimente der beiden anderen Kelchblätter. Der Längsschnitt durch die Mittelebene der Blüte hat die grösste Breite an der Basis oder weiter oben.

II. Die monochasiale Region (und der oberste Teil der dichasialen).

1) *Flügelfrüchte.* Frucht mit grossem auswärtsgewölbten Kelchzaum mit zwei ebenfalls nach aussen gewölbten Flügeln: den medianen Kelchzipfeln. Querschnitt unregelmässig kreisförmig. Glatt. Insertionspunkt klein. Löst sich ebenso wie die folgenden unmittelbar nach der Reife ab. Tafel III, Fig. 116—119.

Varianten. 3 oder 4 Flügel. Breite des Längsschnittes wie bei den vorigen.

2) *Schalenfrüchte.* Die sterilen Fächer sehr mächtig entwickelt, so dass sich die Dorsalseite stark auswärts wölbt, während an der Ventralseite eine schalenförmige Höhlung entsteht. Breite (in der Mittelebene der Blüte gemessen) und Höhe ungefähr einander gleich. Querschnitt halbkreis- bis schwach halbmondförmig. Behaart. Der Kelch verbleibt rudimentär. Tafel III, Fig. 120—122.

Varianten. Die fertile Fruchtwand kann in der Distalpartie mehr oder weniger durch die sterilen Fächer verdrängt sein. Wegen schwacher Anschwellung der Proximalpartie der sterilen Zwischenwand findet sich zuweilen ein Übergang zu der folgenden Fruchtform.

3) *Ameisenfrüchte.* Wie die nächst vorhergehenden, aber die Höhe grösser als die Breite; auch hat die Proximalpartie der sterilen Zwischenwand eine Anschwellung, die sich sogar etwas über die sterilen Fruchtfächer hinauswölbt. Tafel III, Fig. 123—125.

Varianten. Die Distalpartie der Frucht kann stumpf oder zugespitzt sein. Die fertile Fruchtwand variiert wie bei den vorigen.

So viel von dem äussern Habitus der Verbreitungseinheiten bezw. Früchte. Ihre Anatomie hat ebenfalls wesentliche Unterschiede aufzuweisen:

Die eingefassten Früchte sind von allen Fruchtarten die am kräftigsten und kompaktesten gebauten. An der Ventralseite ist die Wand schwach ohne Stereiden. Die beiden sterilen Fächer sind, ausser je einem feinen Kanal von etwa 180 μ Durchmesser, von einem der Wand entspringenden schwammigen Gewebe gefüllt, das aus ziemlich grossen, von Luft gefüllten Zellen mit ziemlich dünnen, von Poren ausserordentlich dicht punktierten Membranen besteht: Luftgewebe Typus A. Der sterile Scheidebalken ist sehr voluminös; er hat äusserst dünnwandige Zellen ohne Poren: Luftgewebe Typus B. — Die ganze Dorsalseite ist auswendig unter der Epidermis mit einem Luftgewebe des Typus B und darunter von einem des Typus A bekleidet. In der Wand der sterilen Fächer findet sich ein Stereidengewebe, dass sich den Flanken des fertilen Faches anschliesst, aber nicht bis an den Mittelnerv heranreicht. Wie bei allen Fruchtarten ist das fertile Fach inwendig mit einem dünnen Sterei-

dengewebe bekleidet. — Die grosse, breite Proximalpartie der Frucht hat eine recht mächtige Schicht Parenchym von sklerenchymartiger Ausbildung.

Diejenigen Partieen der Infloreszenzachsen, welche diese Früchte einfassen, sind so stark einwärts gegen die Frucht gewölbt, dass ihr Querschnitt halbmondförmig mit flügelähnlichen Flankenauswüchsen ist. Die Rinde ist unbedeutend und besteht aus luftführendem Parenchym. Darunter liegt ein dünner, zusammenhängender Sklereidenring mit den darin eingefassten Gefässbündeln und im Innersten ein grosszelliges, luftführendes Mark mit einem sehr grossen zentralen Hohlraum. — Diese Leichtheit der Frucht und der Achsen macht die relativ grossen Verbreitungseinheiten ausserordentlich leicht.

Die Flügelfrüchte. In den sterilen Fächern sind nach dem fertilen Fache und dem sterilen Scheidebalken hin zwei wirkliche Lufträume zur Entwicklung gelangt, welche die Hälfte derselben einnehmen. Die andere Hälfte ist von einem, von der Wand ausgehenden Luftgewebe, Typus A, gefüllt. Der sterile Scheidebalken ist schmal und von einem zwischen Typus A und B die Mitte haltenden Luftgewebe gebildet. Die Luftgewebe der Dorsalseite sind nicht ganz so derb, sie sind gut differenziert, wie in den eingefassten Früchten. Das Sklereidengewebe der sterilen Fächer wie bei diesen, aber es erstreckt sich bis an den Mittelnerv. — Die Frucht zieht sich plötzlich gegen die kleine Insertionspartie zusammen, wo eine wenig mächtige Schicht von sklerenchymatischem Parenchym zur Entwicklung gekommen ist. — Die Hauptmasse der Kelchzipfel ist ein Sklereidengewebe, dass eine zentrale Scheibe bildet, in welcher die Gefässbündel eingerahmt sind. Die entsprechende mechanische Vorrichtung der Flügel der eingefassten Früchte ist an einigen, die ich untersucht habe, schwächer ausgebildet; hierin dürften aber wohl Variationen vorkommen.

Die Schalenfrüchte. Bei diesen haben die in hohem Grade entwickelten Lufträume die Rolle übernommen, die der von Lufträumen und Luftgeweben unterstützte Kelch bei dem vorhergehenden Typus für den durch den Wind zu vermittelnden Transport der Früchte spielt. Die sterilen Fächer bilden den grössten Teil der Frucht. An der gegen die Flanken gerichteten Ventralseite findet sich je eine Schiene von Luftgewebe Typus A. Dasselbe ist an der Innenseite von einer Epidermis mit braunen Wänden begrenzt; gleichartige Epidermiszellen, unter denen einige Schichten kleinzelliger Stereiden liegen, begrenzen die Aussenseite. Der grosse Luftraum ist an der Dorsalseite von einer nur 25—30 μ dicken Wand begrenzt, die aus dieser braunwandigen Epidermis, sowohl nach innen wie nach aussen, und einem zwischen beiden liegenden Stereidengewebe besteht. An der Ventralseite entsteht eine weissliche, eingesenkte Partie, da hier die aus einigen Schichten zusammengedrückter, ziemlich hyaliner Zellen bestehende Wand der sterilen Fächer nur 15—20 μ dick und die sterile Zwischenwand sehr schwach und hauptsächlich ähnlich gebaut ist. — Die Insertionspartie ist im Vergleich mit dem vorigen Typus mehr plötzlich zusammengekniffen, und die unbedeutende proximale Parenchymmasse hat keine sklerenchymatische Ausbildung erlitten. — Das Distalende ist von einigen kleinen, rudimentären Kelchzipfeln ohne mechanische Gewebe gekrönt.

Die Ameisenfrüchte. Die wesentlichsten Abweichungen von dem vorhergehenden Typus sind durch die eigentümliche Entwicklung bedingt, die die Basis des Scheidebalkens und die benachbarten Partieen der sterilen Wände erreicht haben. Diese Partie ist angeschwollen und besteht aus dünnwandigen Parenchymzellen mit reichlichem Plasma, und ich fasse es meinesteils als ein Elaiosom auf. Von der Insertionspartie aus biegt sich ein lokaler Leitungsstrang mit einem aus Spiralgefässen gebildeten Hadrom in dieselbe hinein.

Die Artenbegrenzung innerhalb der Gattung *Fedia* wird von den Forschern sehr verschieden angegeben. Höck (l. c. p. 178) nimmt nur eine Art: »*F. Cornucopiae* DC.» auf und sagt von ihr: »weit verbreitet im Mittelmeergebiet, andere von verschiedenen Autoren unterschiedene Arten von einzelnen Lokalitäten desselben Gebietes scheinen nur Varietäten dieser Art zu sein». Andere unterscheiden — hauptsächlich nach Pomel — bis zu 4 oder 5 Arten, vor allem wegen der Form der Frucht. Da die Beschreibungen dieser Fruchtformen nur wenig Rücksicht auf die Heterokarpie und noch weniger auf die Variationsbreite der betreffenden Fruchtformen nehmen, ist es unmöglich, aus der vorliegenden Literatur eine sichere Auffassung von dem systematischen Werte dieser Arten zu gewinnen. An den *Fedia*-Exemplaren, die ich in der Umgegend von Palermo wild und in den letztverflossenen Jahren im H. B. U. angepflanzt gesehen, haben die Schalenfrüchte den Typus gezeigt, den Lange[1] Tab. I Fig. 18 für seine »*F. graciliflora* F. & Mey.» und Battandier[2] Pl. I Fig. 1 für seine »*F. Cornu-copiae* Gaertner» abbilden. Zu der letzteren rechnet Battandier als synonym »*F. graciliflora* Fish. & Mey.», während der Schalenfrucht-Typus, den Lange (Tab. I, Fig. 16) für seine »*Fedia Cornucopiae* (L.) Gärtn.» und Höck (Fig. 62 F.) für seine »*Fedia Cornucopiae* DC.» hat, sich bei diesen nicht wiederfindet. (Diejenige Fruchtform von »*F. decipiens* Pomel», die Battandier (Taf. I, Fig. 4) abbildet und die zur Kategorie der Schalenfrüchte gehört, habe ich noch nie gesehen.) Aber es gibt, wie gesagt, daneben eingefasste Früchte, Flügelfrüchte und Ameisenfrüchte. Diese *Fedia* dürfte demnach, wenn sie wirklich eine homogene Art bildet, die am meisten heterokarpische Pflanze sein, die wir bis jetzt kennen. Es ist jedoch zu bemerken, dass fast immer ausser den eingefassten Früchte in der monochasialen Region nur eine der anderen Fruchtarten alleinherrschend ist. Vielleicht liegen drei Elementararten (oder Gruppen derselben) vor, resp. mit nur (oder fast immer) Schalen-, Ameisen- oder Flügelfrüchten in der monochasialen Region. Die monochasiale Frucht von »*Fedia Caput-bovis* Pomel», die Battandier (Taf. I, Fig. 3) abbildet, ist offenbar den von mir beschriebenen und abgebildeten Flügelfrüchten sehr ähnlich. — Zu bemerken sind die Analogieen der heterokarpischen *Calendula officinalis* formae *hortenses* mit ihren hintereinander im Korbe stehenden Larven-, Kahn- und Hakenfrüchten, von denen die letzteren (immer?) bei der Hauptform fehlen.

[1] Bidrag till Belysning af *Atriplex hortensis* L.
[2] Battandier et Trabut, Flore de l'Algérie.

Der Galactites-Typus. Tafel III, Fig. 126—132. Tafel VII, Fig. 149 & 150.

Das allgemeine Aussehen und der Aufbau der Elaiosome der hierhergehörigen Kompositen-Achaenien sind untereinander recht gleich. Der Pappus, dessen Funktion nicht nur darin besteht, die Erstentfernung des Achaeniums zu vermitteln, sondern auch darin, zum Öffnen des Hüllkelches beizutragen, löst sich sehr leicht ab.

Die persistierende Griffelbasis, die das Elaiosom bildet, ist ein halbkugelig bis kegelförmiger Körper, dessen Dasein zuweilen von den Floristen, besonders den französischen, die ihn »mamillon« nennen, erwähnt wird. Von seinem anatomischen Bau ist zu bemerken, dass sein Grundgewebe aus einer ziemlich kompakten Masse von relativ kleinen Zellen besteht, welche Plasma, Stärke und fettes Öl enthalten. Die Zentralpartie bilden leitende Gewebe. Tafel VII, Fig. 149 & 150.

Die Achaenien sind glänzend, glatt; bei *Galactites* und *Carduus pycnocephalus* liegt jedoch auf der Oberfläche eine dünne Schicht eines zähflüssigen, klebrigen Stoffes, an dem die Erdpartikeln leicht haften.

Der Trichera-Typus.

Trichera arvensis.

Der lebhaft grüne Kelch fällt leicht ab und dürfte als Windverbreitungsagens nur eine sehr untergeordnete Rolle spielen. Die übrige Partie der Verbreitungseinheit besteht somit aus direkt von dem sog. Aussenkelch umschlossenen Früchten. Derselbe hat die Funktion der Fruchtwand übernommen; er enthält eine Schicht kräftiger Stereiden mit lichtbrechenden, hyalinen Wänden, während dagegen die wirkliche Fruchtwand eine sehr schwache Schicht hat.[1] Die Basalpartie ist in einen sehr eigentümlichen Körper umgewandelt, der an Farbe und Konsistenz stark von dem harten, hellgrünlichen Aussenkelch abweicht. Dieser Körper ist es, der als Elaiosom fungiert.

Das Elaiosom hat die Form eines niedrigen, an den Seiten abgeplatteten Zylinders mit einer zentralen Einschnürung um die punktförmige Ansatzstelle. Der Insertionspunkt ist daher von einem ringförmigen, dicken Wulst eingeschlossen. Das Elaiosom ist glänzend weiss.

Der anatomische Bau ist recht kompliziert. Topographisch lässt sich das Elaiosom in drei Partieen zerlegen: Epidermis, Grundgewebe und Zentralkörper. Zuerst kommt die Epidermis, die eine direkte Fortsetzung derjenigen des Aussenkelches ist. Sie hat derbe, hyaline, stark lichtbrechende, verkorkte Wände. Darunter liegt das eigentliche, ölführende Grundgewebe. Es besteht aus kleinen, dünnwandigen Zellen, die sehr reich an Öl sind. Nach oben erweitert sich dieses Gewebe und wird von dem ringförmigen Wulst eingeschlossen, der nach aussen hin von einem Auswuchs des Stereidengewebes und der Wölbung desselben, welche den Boden des Aussenkelches bildet und von hier aus in dem Zentralkörper[2] hinabreicht, gebildet

[1] Interessant ist es zu sehen, dass die Reduktion nicht die Behaarung der Früchte betroffen hat, an denen sich noch einzelne Härchen finden. Dasselbe ist der Fall bei einigen anderen *Dipsaceen*, z. B. *Scabiosa cretica*.

[2] Von diesem eingefassten Teil des Elaiosoms bleiben bei der Präparation für die Experimente mit elaiosomlosen Verbreitungseinheiten leicht Reste übrig. Vielleicht erklärt dies das weniger günstige Ergebnis der Expp. 1 & 2. S. 155—156.

wird. Dasselbe besteht nämlich auswendig aus einem mächtigen, von Stereidenzellen gebildeten Mantel, der mit dem entsprechenden Gewebe des Basalteiles des Aussenkelches zusammenhängt. Inwendig liegen die von Baststrängen begleiteten Gefässbündel mit mächtigem Hadrom.

Trichera atrorubens. Tafel III, Fig. 133.

Das Elaiosom derselben zeigt, mit dem vorigen verglichen, in seiner Anatomie mehrere kleine Abweichungen, von denen die wichtigste die sein dürfte, dass der Zentralkörper hier eine stärkere proximale Anschwellung hat.

Trichera orientalis.

Schon GÄRTNER teilt in »De fructibus et seminibus plantarum» II, p. 36, eine Beschreibung des Elaiosoms: »involucrum . . . . inferne autem, basi callosa, alba, trisulca, instructum» und Tab. LXXXVI eine gute Abbildung desselben mit. — Es ist übrigens auffallend, dass ein so grosses und eigentümliches Organ, wie es diese *Trichera*-Elaiosome sind, deren biologische Bedeutung ich schon 1901 in meiner Spridningsbiologi habe feststellen können, in der Literatur, sogar in guten Monographien, meistens übersehen worden sind.

Der Triodia-Typus.

Triodia decumbens. Tafel III, Fig. 134. Tafel VII, Fig. 151.

Zu derjenigen Darstellung des Elaiosoms dieses Grases und seiner Bedeutung für die Biologie der Verbreitungseinheiten, die ich in meiner Spridningsbiologi gegeben, habe ich nur wenig hinzuzufügen. Bis jetzt ist es mir noch nicht gelungen, im Freien Ameisen diese Verbreitungseinheiten ergreifen zu sehen, und die neuen Experimente haben nicht das allerbeste Ergebnis gehabt. Dass ich sie trotzdem als myrmekochor aufstelle und aus ihnen sogar einen besonderen Typus bilde, dazu trägt auch der Umstand mit bei, dass ich die Aufmerksamkeit auf das höchst merkwürdige Organ lenken will, welches dieses bisher übersehene Elaiosom tatsächlich ist.

An der Hinterseite der Proximalpartie der Vorspelze sitzt an jedem Rande wie eine zurückgerollte Falte derselben eine schmale Leiste, an deren Oberfläche das Elaiosom zur Entwicklung gelangt ist. Die Leisten haben eine längliche Form und sind einige Millimeter lang; sie bestehen aus dickwandigen Stereiden. Das Elaiosom besteht aus 3—5 übereinanderliegenden Zellenschichten und einer Epidermis, die nur durch mehr verdickte und gelbliche Wände von den inneren Zellen abweicht. Die Zellen sind gross, mit gewölbten Wänden; die äussersten haben einen Durchmesser bis zu 100 μ. Sie haben dünne, hyaline Wände und enthalten fettes Öl, teils in der Gestalt von Tröpfchen, teils als vertrocknetes, an den Wänden klebendes Material, dessen Gegenwart durch Dimethylamidoazobenzol, das es rot färbt, nachweisbar ist. Ein schwacher Gefässstrang verzweigt sich an der Grenze der Stereiden und des Öl-

gewebes. An den umgebogenen Rändern der Vorspelze verläuft der eingebogene Rand der Deckspelze. Diese Einbiegung krümmt sich jedoch an der Proximalpartie zur Seite, infolgedessen die Elaiosome exponiert werden. An der Basis der Elaiosome je ein Haarschopf. Die Nuss ist verhältnismässig gross.

Rückblick.

Durch den Namen Elaiosom, den ich dem Organ beigelegt, das, wie es sich gezeigt hat, bei allen oben behandelten myrmekochoren Verbreitungseinheiten die Ameisen anlockt, habe ich ausdrücken wollen, dass nach meiner Ansicht *das fette Öl* sein in dieser Beziehung wirksamster Bestandteil ist. Und es ist mir tatsächlich in den meisten Fällen gelungen, dasselbe, häufig in grossen Mengen, nachzuweisen, während dagegen Stärke und Proteinkörner, abgesehen von den Elaiosomen der Gattung *Euphorbia* und einigen anderen Fällen, besonders da, wo die Elaiosomzellen stark plasmatisch sind, eine verhältnismässig unbedeutende Rolle spielen. Es ist eine recht interessante Erscheinung, dass bei denjenigen Insekten, die wegen ihres Exsudats von Ameisen aufgesucht werden und mit ihnen in ein mehr oder weniger symbiotisches Verhältnis getreten sind, die Exsudatorgane, wie WASSMAN[1] gezeigt hat, stets mit auffallend mächtigen Schichten von Fettgewebe in Verbindung stehen.

Es darf jedoch nicht verschwiegen werden, dass, wie aus der obigen speziellen Darlegung hervorgehen dürfte, auch durchaus wirksame Elaiosome in gewissen Fällen nur sehr spärlich oder fast gar nicht Öl enthalten. Besonders mache ich auf die von den Ameisen so gesuchten knorpelähnlichen Organe aufmerksam, welche die myrmekochoren *Melica*-Verbreitungseinheiten begleiten und die ich nur *ex analogia* mit dem Worte Elaiosom bezeichnen kann. Dass die Ameisen den grössten Teil dieser Körper wirklich zerbeissen (und verzehren?), habe ich bestimmt gesehen; die Natur des sie anlockenden Stoffes ist mir aber durchaus noch ein Rätsel.

In diesem Zusammenhange möchte ich auch als eventuellen Ausgangspunkt künftiger Untersuchungen eine andere Eigenschaft der myrmekochoren Verbreitungseinheiten hervorheben, die man wohl kaum eine zufällige nennen kann. Es ist dies die *Behaarung*, die sich bei so vielen derselben findet, und zwar nicht am wenigsten an den Elaiosomen selbst oder in ihrer unmittelbaren Nachbarschaft. Wir erinnern uns hierbei folgender Tatsachen:

Scilla amœna: }
» *sibirica:* } Papillen an der Samenschale und an dem Elaiosom.

Adonis vernalis: }
Ficaria ranunculoides: } Ganze Frucht inkl. Elaiosom stark behaart.
Hepatica triloba: }

Potentilla alba: Elaiosom von langen Haaren umgeben.

[1] Vgl. z. B. WASSMAN in Biol. Centralblatt XXIII p. 67.

Waldsteinia geoides: Ganze Frucht inkl. Elaiosom behaart.
Parietaria lusitanica: » Hülle » » »
Pulmonaria mollissima: } Früchte mit zarter Pubeszenz.
» *officinalis:* }
Aremonia agrimonoides: Ganze Verbreitungseinheit inkl. Elaiosom stark behaart.
Carex digitata: }
» *ericetorum:* }
» *Halleriana:* }
» *Linkii:* } Utriculus inkl. ein Teil des Elaiosoms behaart.
» *montana:* }
» *ornithopoda:* }
» *pediformis:* }
» *praecox:* }
Melica major: }
» *nutans:* } Spelze und Elaiosom mit kurzen Haaren.
» *uniflora:* }
Polygala monspeliaca: } Samen mit dichter Behaarung, die sich auch über das
» *vulgaris:* } Elaiosom erstreckt.
Amberboa Lippii: Ganze Frucht zart behaart.
Centaurea Cyanus: }
» *dealbata:* }
» *depressa:* }
» *Jacea:* } Ausser den bei allen Arten vorhandenen, mehr oder weniger reduzierten Pappushaaren findet sich bei *C. depressa*, *montana* und *ochroleuca* rings um das Achaenium ein Kranz zarter Haare, bei *C. Cyanus* ein Haarschopf.
» *montana:* }
» *ochroleuca:* }
» *Scabiosa:* }
Fedia Cornucopiae: Ameisenfrüchte inkl. deren Elaiosom zart behaart.
Trichera arvensis: }
» *atrorubens:* } Vorblätter behaart.
» *orientalis:* }
» *silvatica:* }
Triodia decumbens: Zwei basale Haarschöpfe nahe an den Elaiosomen.
(*Anemone nemorosa:* Ganze Frucht behaart.)

Ich habe oben, wie ich glaube aus recht guten Gründen, von der Theorie, dass die habituelle Ähnlichkeit einer Verbreitungseinheit mit einem Insekt eine Ameise verleiten sollte, eine Verbreitungseinheit einzusammeln im Glauben, dieselbe sei ein Tier, ziemlich entschieden Abstand genommen. Ganz ausseracht zu lassen ist jedoch nicht die Möglichkeit der Annahme, dass die Berührung der Behaarung dieser Verbreitungseinheiten bei den Ameisen Empfindungen erwecken könnten, die denen analog wären, die sie bei der Berührung einer wertvollen, ihnen sehr wohl bekannten Beute, nämlich der behaarten Insekten und ihrer Larven, bekommen, Empfindungen, die ihren Sammeltrieb stärker anregen könnten.

Ob die *Kontrastwirkung* des weissen Elaiosoms und der dunkel gefärbten und glänzenden Samen oder Fruchtwand, z. B. bei den Samen von *Arenaria* und *Corydalis* und den Früchten von mehreren Vertretern des *Ajuga*-Typus, irgend welche Bedeutung besitzt, muss erst experimentell untersucht werden.

In der obigen Darstellung der Organographie und Biologie des Elaiosoms habe ich einigemale Erscheinungen gestreift, welche anzudeuten scheinen, dass einige Elaiosome wegen ihrer eigenen Organisation oder derjenigen der benachbarten Partieen eines gewissen *Schutzes* geniessen:

Häufig ist das Elaiosom von einer stark gebauten Epidermis, die zuweilen verkorkte Wände besitzt, umgeben. Beispiele liefern sämtliche Vertreter des *Carex digitata*- und des *Trichera*-Typus. Die ölführenden Riesenzellen selbst können auswendig von sehr starken Wänden begrenzt sein, wie bei den *Viola*-Arten des *Viola odorata*-Typus, bei *Lamium* etc.

Raphiden, die man nach Stahls[1] Untersuchungen als sehr wirksame Schutzmittel gegen Mollusken kennt, finden sich in den schwach gebauten Elaiosomen von *Chionodoxa* und *Theligonum*.

Die Elaiosome der myrmekochoren *Veronica*-Arten liegen in der Höhlung des gewölbten Samens eingeschlossen.

Bei *Symphytum bulbosum* erhöht sich die Wirksamkeit des Schutzes, den hier wie bei so vielen anderen myrmekochoren *Borragineen* die ringförmige Erweiterung der Fruchtwandbasis gewährt, durch das oben beschriebene System der einwärtsgerichteten starken Zähne, welche das Elaiosom, wie die metallene Einfassung den Edelstein, umschliessen.

[1] Pflanzen und Schnecken.

Die Organographie des fruktifikativen Systems und die postflorale Entwicklung im Vergleich zu anderen verbreitungsbiologischen Typen.

Einleitung.

Wenn man einen allgemeinen Überblick über die Forderungen anstellt, welche während des Verbreitungsstadiums an die fruktifikativen Apparate der Myrmekochoren gestellt werden, findet man leicht, dass sie von den meisten anderen verbreitungsbiologischen Typen wesentlich abweichen. Die vielen arretierenden Vorrichtungen, welche z. B. bei Anemochoren vorhanden sind, die einen Vorteil davon haben, dass die Verbreitungseinheiten nur bei starken Windstössen ausportioniert werden, entbehren hier jeder Bedeutung, da es für die Art sogar verhängnisvoll werden kann, wenn die reifen Samen so lange an der Mutterpflanze zurückbleiben, bis die wenigstens im Norden kurze Zeit, während der die Ameisen tätig sind, verflossen ist. Ferner ist der ganze, stark entwickelte Expositionsapparat, welcher verschiedene Verbreitungsmodi erfordert, um vollkommen effektiv zu sein, hier unnötig, da die Verbreitungseinheiten am leichtesten erst dann von den Ameisen aufgesucht werden, wenn sie zu Boden gefallen sind.

Dass diese geringeren Ansprüche an die Differenzierung des fruktifikativen Systems denn auch in der ganzen postfloralen Entwicklung der Myrmekochoren zum Ausdruck gelangen, dürfte jedenfalls zu erwarten sein, und ich habe solche wichtigere Züge schon in meiner Spridningsbiologi hervorgehoben. Bevor ich im Folgenden auf eine weitere Erörterung dieses Kapitels über den Vergleich mit anderen Verbreitungstypen eingehe, müssen einige biologische Begriffe, deren ich mich in dieser Untersuchung bedienen werde, des Näheren auf ihren Umfang bestimmt werden.

Dier Wörter *Samen* und *Frucht* werden leichtverständlicher Bequemlichkeit halber manchmal unrichtig anstatt des Wortes *Verbreitungseinheit* gebraucht. Postfloration, wie der Begriff z. B. von LINDMAN[1] fixiert wird, bezeichnet ja das Verhalten der Blüte selbst nach der Anthese; aus praktischen Gründen musste hier ausserdem, wie schon so oft der Fall gewesen, *Postfloration, postflorale Entwicklung* etc. von der ganzen Inflores-

[1] Öfver postflorationen och dess betydelse.

zenz nach Schluss der Blütezeit angewandt werden. — Was die allgemeinen verbreitungs-biologischen Ausdrücke anbetrifft, kann ich in diesem Zusammenhang auf die ausgezeichnete Begrenzung derselben, die KIRCHNER, LOEW und SCHRÖTER im ersten Band ihrer »Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas» dargestellt haben, sowie ferner auf die Einleitung zu dieser Arbeit hinweisen. Ich kann nur für meinen Zweck einige kleinere terminologische Zusätze machen. Die Trennung der Verbreitungseinheiten von der Mutterpflanze kann *passiv* oder *aktiv* erfolgen.[1] KIRCHNER nennt l. c. p. 35 »solche Verbreitungseinheiten, deren Transport durch Eigenbewegungen erfolgt», *autochor*. Ich möchte den Ausdruck *Autochorie* auch auf die Verbreitungseinheiten verwenden, die durch Zuwachserscheinungen von der Mutterpflanze getrennt werden, also für Ausläufer im weitgehendsten Sinne des Wortes, seien es nun die wirklich *vegetativen* oder die *floralen*, d. h. Infloreszenzen, die sich auf den Boden legen, wonach die Samen oder die Brutknospen auf dem Platze keimen, wohin die Infloreszenzen sie gelegt haben.[2] Als zusammenfassenden Namen für die passive Verbreitung benutze ich *Allochorie* (ἄλλος = ein anderer, χωρέω = ich wandere).

Dahingegen muss ich etwas näher auf die Terminologie eingehen, welche *die Zeitverhältnisse* der Pflanzenverbreitung betrifft. — Es ist recht eigentümlich, dass in der botanischen Literatur über dieses Thema nur zerstreute Notizen vorhanden sind. — Was das Phänomen der Blüte betrifft, so existieren z. B. für mehrere Arten Angaben aus verschiedenen Teilen der Erde über das allgemeine Eintreten und auch die Beendigung des Blütens, sowie auch mehrere spezielle Angaben sogar darüber, wielange jede Blume sich in der Anthese befindet. Aber in allen entsprechenden Fragen über die Verbreitungserscheinungen lässt uns die Literatur, wenn man eine kleine Anzahl Arten, deren Phänologie eingehender behandelt worden ist, ausnimmt, beinahe immer im Stich. In meiner Spridningsbiologi habe ich für die skandinavische Vegetation einen ersten Versuch in dieser Hinsicht gemacht und in dieser Arbeit der »Verbreitung der Pflanzen in verschiedenen Jahreszeiten»[3] ein besonderes Kapitel gewidmet. Einige der darin mitgeteilten Tatsachen werden durch Folgendes näher ausgeführt.

In der Frage: wann hat eine Pflanze ihre Verbreitungszeit? sind eigentlich mehrere Fragen vergemischt, die jede für sich allein erörtert werden müssen. Erst ist natürlich, wie bei den Fragen über die Blütezeit einer Art, festzustellen, dass nicht nur in verschiedenen Teilen der Erde, sondern auch manchmal an demselben Platze, je nach den Verhältnissen des Standortes, die hierhergehörigen Phänomene zu verschiedenen Zeiten eintreten.

[1] HOLMBOE, Naturen 1901 p. 142.

[2] SERN., Spridningsbiologi 394—395.

[3] Zu der dürftigen Literatur auf diesem Gebiet, welche ich in dieser Arbeit zitiert habe, ist später durch WITTROCK »Öfver höstväxter» ein wichtiger Beitrag hinzugekommen. Darin wird die Biologie der Herbstgewächse, von dem Standpunkte des Eintretens der Fruchtreife, besprochen. WITTROCK macht einen Unterschied zwischen solchen, welche *tachykarpisch* sind — »deren Fruchtreife in den wenigen Wochen, die vor Eintritt des Winters zu Gebote stehen, von statten gehen kann» (Gräser, *Chenopodiaceen* und Korbblütler) — und solchen, die *bradykarpisch* sind, »bei denen die Entwicklung der Frucht stark zurückgehalten wird, so dass dieselbe nach einer Ruheperiode während des Winters hauptsächlich erst im folgenden Frühling und Vorsommer erfolgt» (Liliengewächse, Epheu).

Wenn man von einem bestimmten Standort innerhalb eines gewissen geographischen Gebietes ausgeht, wird man jedoch finden, dass verschiedene Individuen sich verschieden verhalten. Bei dem Individuum hat man ferner — wir haben es in dieser Erörterung nur mit fruktifikativen Verbreitungseinheiten zu tun — zu unterscheiden, wie sich die Verbreitungszeit bei einer Infloreszenz in ihrer Gesamtheit und wie bei einer geringeren Einheit derselben, z. B. bei einem Korb, einer biologischen oder morphologischen Kapsel etc. gestaltet.

Die erste von diesen Fragen hat zunächst ein *phänologisches* Interesse, für die eigentliche Verbreitungsbiologie aber hat die Trennung der Verbreitungseinheiten vom Individuum eine mehr direkte Bedeutung. In diesem Zusammenhange richten wir unsere Aufmerksamkeit zunächst auf eine in bezug auf die Verbreitungsbiologie der Myrmekochoren zentrale Frage, nämlich die von der Zeit, welche die Infloreszenzen nach der Anthese der letzten Blüte gebrauchen, um alle in ihnen enthaltenen Verbreitungseinheiten zu entfernen. (Hierbei werden natürlich bei denjenigen Infloreszenzen, bei denen das Abfallen der Verbreitungseinheiten durch die äusseren Agentien, Wind oder Tiere, vermittelt wird, Schwankungen in dem Einflusse dieser Faktoren eintreten, weshalb hier Durchschnittswerte angegeben werden.) Nach diesem Gesichtspunkte teile ich die phanerogamen Pflanzen in zwei Gruppen: *Tachysporen* (ταχύς = schnell, σπείρω = ich verbreite) und *Bradysporen* (βραδύς = langsam); jene sind diejenigen, deren Infloreszenzen sich *kurze* Zeit nach Schluss der Anthese der letzten Blüte, und diese solche, deren Infloreszenzen sich erst *lange* nach derselben völlig entleeren. Auch den einzelnen Einheiten einer Infloreszenz — vgl. die eben herangezogenen Beispiele — kann man die Eigenschaften tachyspor und bradyspor beilegen.

Unter den *Tachysporen* finden wir einige Pflanzen mit explosiven Früchten, z. B. *Impatiens* und *Viola mirabilis*, mehrere *Limnaeen* und andere *Hydrophyten*. Die Anemochoren sind recht zahlreich vertreten: unter den Kätzchenblütlern haben wir z. B. *Populus* und die meisten *Salix*-Arten (jedoch nicht u. a. *S. pentandra*, die bradyspor und winterständig ist[1]); ferner eine Gruppe mit exponierenden Achsen, deren Elastizität mehr oder weniger von der Turgeszenz ihres Gewebesystems abhängig ist, z. B. *Taraxacum*, *Sonchus oleraceus* und *Mulgedium alpinum*. Aber es gehören hierher auch mit starken mechanischen Geweben versehene, wie *Carex stricta*. Wir können schon hier vorausschicken, dass fast alle Myrmekochoren ausgeprägte Tachysporen sind.

Die *Bradysporen* sind entschieden zahlreicher. Zu ihnen gehört u. a. die grosse Gruppe von Pflanzen mit samenreichen, den Winter über sitzenbleibenden Frucht-

[1] Sern., Spridningsbiologi 330. Die Samen der meisten tachysporen *Salix*-Arten verlieren schon wenige Wochen nach der Reife und der gleich darauf eintretenden Verbreitung ihre Keimfähigkeit. 50 einem *S. pentandra*-Wintersteher am 12. Mai 1901 (Uppland, Rörken) entnommene Samen wurden am 13. Mai in Wasser gelegt und am 14. Mai auf sterilisierte Topferde ausgesät. Am 3. Juni waren 11, also nicht weniger als 22 %, gekeimt.

ständen, die ich in meiner Spridningsbiologi p. 223 *Wintersteher*[1] genannt habe. Ihre am weitesten getriebene Potenzierung liegt jedoch bei Pflanzen vor, die, um DELPINOS[2] Ausdruck zu gebrauchen, mit *Makrobiokarpie* ausgerüstet sind, d. h. bei solchen Planzen, deren Früchte die Eigenschaft besitzen, mehrere Jahre lang an der Mutterpflanze befestigt zu bleiben. DELPINO gibt Beispiele von mehreren aussereuropäischen Myrtaceen und Gymnospermen. Diese Erscheinung findet sich auch, obschon spärlich, in der europäischen Flora. Den schönsten Fall habe ich an *Pinus halepensis* beobachtet. Hier habe ich noch 1903 (am 2. Mai in Messina) Zapfen von 1890 mit zahlreichen Samen sitzen sehen. Die Stiele der Zapfen verstärken sich durch Jahresringe wenigstens in mehreren von den Vegetationsperioden, in denen die Zapfen an der Mutterpflanze bleiben.

Es ist offenbar, dass die Ansprüche, die an den ganzen fruktifikativen Apparat während der Postfloration und während der Zeit, wo er die völlig reifen Früchte zu tragen hat, gestellt werden, sich im grossen und ganzen bei diesen beiden biologischen Gruppen grundverschieden gestalten müssen. Als allgemeine Regel kann man auch sagen, dass in systematisch geschlossenen, in beiden Gruppen vertretenen Abteilungen die mechanischen Gewebe der fruktifikativen Region, sowohl in bezug auf die Achsen- als auch auf die Blattorgane, bei den Bradysporen entschieden kräftiger entwickelt sind, als bei den Tachysporen und zwar mit zahllosen, durch die speziellen Verbreitungsverfahren, die systematische Stellung usw. der einzelnen Arten hervorgerufenen Variationen.

Wir wollen nun zu den Myrmekochoren übergehen, um zu untersuchen, wie sich ihr Fruktifikationssystem und ihre postflorale Entwicklung gestalten, besonders im Vergleich zu den verbreitungsbiologischen Typen, die sonst in ihren resp. Familien zur Entwicklung gelangt sind und von denen sie erstens wegen ihrer ausgeprägten Tachysporie und zweitens deswegen, weil die floralen Achsen beim Abfallen der Verbreitungseinheiten nicht mehr als Expositionsapparate nötig sind, so bedeutend differieren. Für diese Untersuchung besprechen wir nach Familien diejenigen, bei denen uns die vorhergehenden Erörterungen haben myrmekochore Typen finden lassen.

Spezieller Teil.

Gramineae.

Bekanntlich verbreiten sich die Früchte fast aller wildwachsenden Gräser normal von ihren Spelzen umgeben. Wie viele von ihnen, oder überhaupt: ein wie grosser Teil der Infloreszenz als Bestandteil der Verbreitungseinheiten mit abfällt, braucht hier nicht näher erörtert zu werden; ich verweise hierfür auf HACKELS Darstellung p. 14 und 15 sub *Gramineae* in ENGLER & PRANTL, Die natürlichen Pflanzenfamilien. Die weitaus meisten europäischen Gräser sind schwach bradyspor. Hierzu trägt, wie ich in meiner

[1] Vgl. die von NORÉN und WITTE herausgegebenen komplettierenden Listen.
[2] Sul fenomeno della macrobiocarpia.

Spridningsbiologi 336 hervorgehoben habe, der Umstand mit bei, dass die Spelzen bis zu einem gewissen Grade xerochastisch sind und in feuchtem Wetter leicht ankleben, und zwar teils die Deck- und Vorspelzen den Hüllspelzen, teils unter sich um die von ihnen eingehüllte Frucht. Leicht abfallende, aus der Frucht und den Deck- und Vorspelzen bestehende Verbreitungseinheiten, die, wenn die Hüllspelzen offenstehen, leicht abgeworfen werden, bleiben infolgedessen länger zurückgehalten. Eine nicht geringe Anzahl wird zu Winterstehern, wenn auch viele der nordischen Vegetation angehörende ihre Infloreszenzen schon im Vorwinter ganz entleeren.

Unter den Tachysporen ist eine Gruppe von kleinen, annuellen, besonders mittelländischen Gräsern zu bemerken, z. B. *Airopsis praecox*, *Aira cupaniana* etc., die früh reifen, nur schwach festsitzende Verbreitungseinheiten und fragile Halme besitzen, welche bei der Fruchtreife mit Blättern und allem verdorren. Eine zweite tachyspore Form, aber hochgewachsen und pollakanthisch sowie einer ganz andern Vegetationsform angehörend ist oben p. 180 behandelt, nämlich *Milium effusum*.

Die Agentien, mittels deren die Verbreitungseinheiten transportiert werden, sind verschiedener Art. Das wichtigste Agens ist der Wind, und eine ganze Reihe von Eigentümlichkeiten im Bau der Verbreitungseinheiten muss als wahre Anpassung, als Mittel, sich die Kraft desselben zu nutze zu machen, erklärt werden.[1] Einige sind Bodenläufer, aber die meisten sind Luftsegler. Die Lufträume zwischen den Spelzen wirken dem Gewicht der von Stärke gefüllten Früchte entgegen und ermöglichen oft die hydrochore Verbreitung.[2] Die kleineren Verbreitungseinheiten bleiben nach Regen, wie man leicht beobachten kann, sehr häufig an dem Haarkleide der Tiere haften, und zahlreiche, direkt epizoische Anpassungen sind ebenfalls leicht zu konstatieren. Endozoische Verbreitung kommt bei mehreren tropischen Bambusen vor. Synzoische Verbreitung mittels Nagetiere und Vögel ist in meiner Spridningsbiologi 229—234 erwähnt. Autochorie ist schon längst bekannt, z. B. in gewissem Grade bei *Avena*. — Im allgemeinen kann man behaupten, dass die Gräser nebst den Kompositen die Familien sind, in denen man die meisten Fälle davon aufweisen kann, dass dieselbe Verbreitungseinheit für den Transport mittels mehrerer verschiedenen Agentien geeignet ist, und sie gehören auch zu der Anzahl derjenigen, bei denen die verschiedenartigsten verbreitungsbiologischen Anpassungen zum Vorschein kommen.

Es ist daher nicht wunderlich, dass unter den Gräsern auch Myrmekochorie zur Entwicklung gelangt ist. Vorläufig sind deren noch nicht viele bekannt, aber sie bilden ausschliesslich nicht weniger als zwei besondere Typen, den *Melica nutans*- und den *Triodia*-Typus.

Es ist durchaus einleuchtend, dass beide in entwicklungsgeschichtlichem Zusammenhang mit dem gewöhnlichsten der verbreitungsbiologischen Typen der Gräser stehen, ausgezeichnet durch stark mechanisch konstruierte Achsen, welche die Verbreitungseinheiten auf eine vortreffliche Weise dem Winde, eventuell vorbeipassierenden Tieren exponieren. Im Verhältnis zu der Masse der Achsen kann man nämlich bei

[1] Hildebrand, Ueber die Verbreitungsmittel der Gramineenfrüchte.
[2] Vgl. Sern., Spridningsbiologi 149 ff.

keiner der hierhergehörenden Arten irgend welche eigentliche Reduktion des mechanischen Gewebes wahrnehmen, dessen mächtige Entwicklung ein so äusserst inhärenter Charakter des Grashalmes ist; es sind dies der mehr oder weniger unmittelbar unter der Epidermis liegende mächtige Stereommantel und die von starken Stereomschienen umschlossenen Gefässbündel.

Triodia decumbens hat einen fest gebauten Halm, dessen niederliegendes Wachstum primär und nicht von irgend welcher Belastung abhängig ist. *Melica major* ist hoch, sein Halm ist von gewaltigen Stereommassen angefüllt und biegt sich nicht auffallend unter der Schwere der reifen Infloreszenz. Dies ist dagegen der Fall bei *M. nutans* und *M. uniflora*. Bei diesen Arten könnte man in Anbetracht der Zartheit des Halmes von der Möglichkeit einer Reduktion rein anemochorer, mit gröberem Halm versehener Vorfahren reden; doch sei bemerkt, dass auch so ausgesprochene Anemochoren der Gattung, wie *M. ciliata*, einen solchen zarten Halm besitzen.

Bei *Melica nutans* (und sehr wahrscheinlich auch bei *M. major*, die ich jedoch nicht habe eingehend untersuchen können) hat aber der Halm seine bestimmte Aufgabe im Dienste der anemochoren Verbreitung. Wir erinnern uns, dass *M. nutans* zwei Arten von Verbreitungseinheiten hat, anemochore und myrmekochore, zu denen noch eine dritte Art hinzukommt, da die Ährchen zuweilen selbst abfallen, so dass eine Verbreitungseinheit jeder Art von den grossen Hüllspelzen eingeschlossen ist. Wie oben p. 124 beschrieben, werfen in dem mittelschwedischen Klima die Infloreszenzen derselben Pflanzengesellschaft ihre myrmekochoren Verbreitungseinheiten im Hochsommer im Verlaufe von etwa 6 Wochen ab; die einzelnen Infloreszenzen selbst bedürfen hierzu einer noch kürzeren Zeit. Eine wenig zahlreiche Generation spätblühender Exemplaren, deren Refloration[1] (Lenna 1905) nach etwa 3 Wochen kam, ist hier nicht mitgezählt. Der Fruchtabfall beginnt ein Stück unterhalb der Mitte der Rispe und geht dann in proximaler und distaler Richtung weiter.

Beispiel 1. Birkenhain, Klockarhyttan $18^{12}/_{7}$ 99. Probe an 10 Infloreszenzen, um die Zusammensetzung der Ährchen während des ersten Verbreitungsstadiums zu zeigen. Die Ährchen sind von unten nach oben aufgezählt; a = anemochore, m = myrmekochore Verbreitungseinheit.

Nr 1 & 2: am, am, am, am, am, am, am;
Nr 3: am, am, am, am, am;
Nr 4: am, am, a, am, am, am, am, am, am;
Nr 5 & 6: am, a, am, am, am;
Nr 7 & 8: am, a, a, am, am, am, am, am;
Nr 9: am, a, a, a, am;
Nr 10: a, a, a, a, am.

Beispiel 2. Laubwiese, Lenna 1905. In jeder Probe 20 Infloreszenzen. Der Abfall der myrmekochoren Verbreitungseinheiten begann am 24. Juni und war etwa am 7. August beendigt. Probe 1 stammt vom 1. Juli, Probe 2 vom 14. Juli.

Von den Ährchen waren geblieben:	Ganze Ährchen.	Nur a.	Nur m.	Nur Deckspelzen.	Die abgefallenen V.-E. in % der Anzahl Ährchen in der Probe: a	m
1.	124	48	0	0	0 %	28 %
2.	50	70	0	11	8 %	62 %

Die anemochoren Verbreitungseinheiten fallen dann nacheinander im Spätsommer ab, aber sehr viele sitzen noch bis tief in den Herbst hinein. Schon nach

[1] SYLVÉN. Om refloration.

dem Abfallen der ersten myrmekochoren Verbreitungseinheiten kann sich der elastische Halm, der vorher im Bogen abwärts gerichtet war, bedeutend aufrichten und dadurch zu der Leistungsfähigkeit der anemochoren Verbreitung beitragen. Den verschiedenen Grad der Effektivität, welcher die beiden Arten von Verbreitungseinheiten als Bodenläufer kennzeichnet, habe ich experimentell in meiner Spridningsbiologi p. 296—297 dargelegt.

Melica nutans hat also eine tachyspore Verbreitung ihrer myrmekochoren und eine bradyspore ihrer anemochoren Verbreitungseinheiten. *Melica uniflora*, die nur mit den letzterwähnten Verbeitungseinheiten ausgerüstet ist, ist ausschliesslich tachyspor. — *Triodia decumbens* dürfte, nach meinen noch unvollständigen Untersuchungen derselben zu urteilen, tachyspore oder schwach bradyspore Infloreszenzen besitzen.

Cyperaceae.

Die Verbreitungseinheit besteht häufig bloss aus der Frucht allein oder aus der von ihrer Hülle umgebenen Frucht. Anemochorie und Hydrochorie[1] sind die vorherrschenden Verbreitungsarten; auch die Epizoen haben ihre Vertreter. Bradysporie ist häufig. Autochorie in der Weise, dass sich schwach gebaute Stengel auf die Erde legen, haben Berggren,[2] Raunkiær[3] und Verf.[4] bei den tachysporen *Eriophorum vaginatum* und *Heleocharis multicaulis* beschrieben.

Die Gattung *Carex* gehört zu derjenigen Gruppe von Cyperaceen, bei der auch die Hochblätter am Aufbau der Verbreitungseinheiten teilnehmen. In meiner Spridningsbiologi habe ich p. 161 die Verfahren zusammengestellt, durch welche der Utriculus mittels Lufträume, Luftgewebe und der wegen der Papillen schwer nässbaren Epidermis zu der hydrochoren Verbreitung beiträgt. Lufträume und Luftgewebe erleichtern natürlich die anemochore Verbreitung. Die hervorstehende, hakenförmig gebogene Vorblattachse von *C. microglochin* dürfte zuweilen die epizoische Verbreitung vermitteln. Auch andere Arten hält man aus verschiedenen Gründen wenigstens für fakultative Epizoen. — *C. stricta* ist durchaus tachyspor, und ihre Verbreitung ist, wie ich schon in meiner Spridningsbiologi bereits 317 gesagt, in Süd- und Mittelschweden schon im Hochsommer vollendet. Im Jahre 1901 begann sie bei Klockarhyttan am 17. Juni. Sonst sind die meisten *Carices*, bei denen der Wind die erste Trennung von der Mutterpflanze verursacht, bradyspor, und es sind, wie aus meinen, Noréns und Wittes Listen hervorgeht, viele von den zu der schwedischen Vegetation gehörenden Arten derselben Wintersteher. Die Stengel sind wegen ihrer Ausgangsrichtung von dem Muttersprоss und wegen ihrer auch bei *C. stricta* starken mechanischen Gewebe aufrecht und häufig mehr oder weniger ballistisch. Wenn Berggren l. c. p. 138 sagt: »Abwärtsbiegung der Halme mit den reifen Ähren auf den Boden kommt oft bei mehreren anderen Cyperaceen vor, z. B. bekanntlich *Carex pilulifera* und anderen mit langem und blattlosem Halm, wie *Carex muricata* und *teretiuscula*

[1] Kølpin-Ravn, Om Flydeevne hos Frøerne af Vand- og Sumpplanter. Raunkiær, De danske planters naturhistorie.

[2] Rhynchospora alba och några andra Cyperaceers morfologi, p. 137.

[3] De danske planters naturhistorie, p. 594.

[4] Sern., Spridningsbiologi 394—395.

und nahestehenden. Hier liegen die Halme von den gewöhnlich grossen Rasen aus strahlenförmig über dem Boden, auf dem die reifen Ähren einen Kreis ringsum den Rasen bilden», so vereinigt er zwei verbreitungsbiologische Typen. *C. pilulifera*, die ich aus rein organographischen Gründen, deren Berechtigung ich noch nicht Gelegenheit gehabt experimentell zu bestätigen, für myrmekochor halte, ist tachyspor. (In Mittelschweden fallen die Verbreitungseinheiten im August und September ab. Für die völlige Entleerung jeder Infloreszenz dürfte ein Zeit von ein paar Wochen nötig sein. Ein kleiner Bestand dieser Pflanze neben einem Fusspfad in feuchtem Walde, Hultsjön, Lerbäck, Nerike, hatte $19^{20}/_{8}02$ ein Drittel seiner Verbreitungseinheiten ausgestreut, am 27. Aug. war nur noch ein Viertel derselben übrig.) Der Halm ist zu schwach, um während der Postfloration die Infloreszenzen zu tragen, weshalb er bei der Reife der Verbreitungseinheiten gegen die Erde gebogen ist. Dass der Halm der *C. muricata*, wenn dieselbe ganz freistehend wächst, ganz auf dem Boden zu liegen oder einen recht spitzen Winkel mit demselben zu bilden scheint, hängt von der Ausgangsrichtung des Halmes ab und ist selten durch die Schwere der Infloreszenz bedingt. In geschlossenen Vegetationsmatten und bei grossen Länge wird, wie es der Fall ist bei vielen *Carices*, der festgebaute Halm (vgl. RAUNKIÆR, l. c. p. 483, Fig. 225 I.) von dem Gewicht der Infloreszenzen etwas niedergebogen.

Die Myrmekochoren, die ich in der Gattung *Carex* oben habe feststellen können, sind ihrer fruktifikativen Organisation und postfloralen Entwicklung nach recht bedeutend verschieden von den eben skizzierten Typen, haben jedoch viele Anknüpfungspunkte mit denselben. Die so ausgeprägte Tachysporie (*C. digitata*, *C. pediformis* (cult.) und *C. montana* haben bei Uppsala ihre Verbreitung in einigen Wochen um Johannis beendet, nach welcher Zeit wohl vereinzelte Früchte noch länger sitzen können; in dem kalten Sommer 1902 war die der letzteren auf dem Kinnekulle am 22. Juli abgeschlossen. Bei *C. ericetorum* und *C. praecox* braucht dieselbe etwas längere Zeit und trifft später ein; im Jahre 1902 begann sie auf einer nach SO. gelegenen Grasflur bei Klockarhyttan am 8. Juli, und am 25. desselbem Monats war von normal entwickelten Verbreitungseinheiten etwa ein Viertel im Bestande geblieben. *C. ornithopoda* befand sich in Jämtland am $19^{1}/_{7}04$ in der Verbreitung. In Süd-Frankreich beobachtete ich *C. Halleriana* mit im Bogen gekrümmten verwelkten, vertrockneten Halmen und entfernten Verbreitungseinheiten bei La Valette in der Garigue am 31. Mai und bei Montferrier im Maquis am 28. Mai 1902.) findet sich z. B. bei *C. stricta* wieder. Eine Ausbildung der Proximalpartie des Utriculus zwecks der Verbreitung finden wir z. B. bei *C. paniculata*, *C. paradoxa* und *C. teretiuscula*, bei denen nach WILCZEK[1] dasselbe Zellgewebe, das bei den Myrmekochoren das Elaiosom bildet, in Luftgewebe umgewandelt ist. Das distale Elaiosom von *C. montana* steht jedoch noch ganz isoliert da. Das Herabfallen der Halme auf den Boden ist eine Potenzierung ihrer schwachen Abwärtsbiegung, die, wie eben angedeutet, mehrere *Carices* auszeichnet, z. B. *C. pallescens*, *C. silvatica* u. a. m. und hier durch die Schwere der Infloreszenz bedingt ist.

[1] Beiträge zur Kenntnis des Baues der Frucht und des Samens der Cyperaceen.

Wie bei den myrmekochoren Gräsern ist es schwer in dem Bau des Halmes oder der floralen Achsen eine Reduktion der mechanischen Gewebe im Vergleiche mit den anderen verbreitungsbiologischen Typen wahrzunehmen; die Stereomstränge, die hier, wie bei fast allen *Carices*, ausschliesslich mit den Gefässbündeln in Verbindung stehen, sind relativ ebenso zahlreich und ebenso mächtig. Die beiden Typen der Verteilung des mechanichen Systems auf den Querschnitt, welche RAUNKIÆR l. c. p. 486—487 unterscheidet, sind hier beide vertreten. Zu dem *C. sylvatica*-Typus mit einem Kreise von Gefässsträngen im Innern des Assimilationsgewebes und ausserdem mehreren Gefässsträngen in der Peripherie des Marks und Bastbelegen auf beiden Seiten der Gefässstränge gehören *C. digitata*, *montana* und *pediformis*. *C. ericetorum* und *praecox* gehören zum *C. paniculata*-Typus mit nur einem Kreise von Gefässsträngen auf der Grenze zwischen dem Assimilationsgewebe und dem Mark, mit Bastbelegen auf beiden Seiten der Gefässstränge, aber besonders kräftig auf der Aussenseite. Wie es der Fall war bei *Melica nutans* und *uniflora*, sind jedoch die Halme sehr zart und daher weniger widerstandsfähig gegen die während der Postfloration vermehrte Belastung; und eigentliche postflorale Verstärkungen dieser Gewebe habe ich kaum feststellen können. Diese Erklärung des Herabfallens der Halme dürfte genügen, um die Erscheinung bei z. B. *C. digitata* zu erklären. Bei andern, z. B. *C. montana*, liegt eine mitwirkende Ursache darin, dass der mechanische Mantel, den die turgeszenten Zellen des Assimilationsgewebes zwischen dem subepidermalen Bastbeleg der äussern Gefässstränge bilden, einen Teil seiner Leistungsfähigkeit verliert, wenn diese Zellen und das Markparenchym ihre Turgeszenz zu verlieren und zu verwelken anfangen.

Auch die weiblichen Blütenährenspindeln, bei denen man eine Reduktion des mechanischen Systems erwarten sollte, an welches wegen des schnellen Abfallens der Verbreitungseinheiten keine so grosse Anforderungen gestellt werden, wie bei den bradysporen *Carex*-Arten, sind mechanisch sehr fest konstruiert. Bei *C. pediformis* besteht das mechanische System aus einem stark zentrierten, mächtigen Stereommantel, der einen Kreis von Gefässbündeln umgibt, innerhalb deren das Mark sehr reduziert ist. Bei der zweiten myrmekochoren Art, die ich untersucht habe, *C. praecox*, sind die Gefässbündel ringsum von Stereombelegen eingeschlossen, die teils mit den benachbarten Belegen zusammenfliessen, teils durch 1—4 Zellen breite Markstrahlen eines hier bedeutend voluminöseren Marks voneinander getrennt sind. Doch tritt auch hier Zentrierung des mechanischen Systems im Vergleiche zum Halm hervor.

Juncaceae.

Die Frucht ist eine Kapsel, für deren Samen die anemochore Verbreitung eine sehr grosse Bedeutung hat. Erleichtert wird dieselbe in hohem Grade dadurch, dass die Samen meistens nicht nur sehr klein, sondern auch nicht selten mit einer in Luftgewebe umgewandelte äussere Samenschale versehen sind. Hydrochore Verbreitung tritt oft wegen der hydrophyten Eigenschaft vieler hierhergehörenden Arten auf, und die Effektivität wird durch diese Eigenschaften der Samen vermehrt.

In der europäischen Flora sind von dieser Familie bekanntlich nur die beiden grössten und wichtigsten Gattungen, *Juncus* und *Luzula*, vertreten. Die meisten ihrer Arten sind bradyspor, wozu der höhere oder niedrigere Grad von Xerochasie der Kapselklappen noch beiträgt. Die exponierenden Achsen zeichnen sich durch starke mechanische Gewebe aus.

Von der Myrmekochorie, welche die Gruppe *Pterodes* in der Gattung *Luzula* zeigt, kann man, ausser in Bezug auf den Samen selbst, nicht sagen, dass sie durchgreifende Veränderungen dieses Typus des fruktifikativen Systems hervorgerufen hätte, aber sie sind doch sehr charakteristisch.

Der *Samen* ist relativ gross und sein Elaiosom sehr hoch entwickelt; dem Elaiosom, dem sich, wie oben beschrieben, die ölführende äussere Samenschale anschliesst, entspricht jedoch die Ausbildung, die der Samen von mehreren Arten der Gruppe *Gymnodes*, z. B. *L. multiflora*, durchgemacht hat. Hier hat sich die Samenschale in Verbindung mit der Raphe zu einem Luftsack ausgebildet, der sowohl an der Chalaza als auch an der Mikropyle zu wirklichen Anhängseln angeschwollen ist; bei der in Rede stehenden Art ist letztere halb so lang wie der Samen.

Wenn wir den Vergleich der *Pterodes*-Formen im Samenablösungsstadium mit *L. multiflora* weiter fortsetzen, wollen wir zuerst bei dem Unterschiede im Bau der *Kapsel* stehen bleiben. Sie öffnet sich durch Längsspalten, die infolge des Spannungsunterschiedes zwischen der stark gebauten Epidermis und den darunter liegenden schwachen Geweben entstehen. *L. multiflora* ist bradyspor und ein Wintersteher, und zwar zunächst wegen der starken Xerochasie dieser Epidermis, infolge deren die Samen, die ausserdem mittels ihrer rauhen Oberfläche zurückgehalten werden, sich nur langsam ausstreuen. *L. pilosa* und *L. Forsteri* sind tachyspor; wie p. 26 gesagt worden, ist die Samenausstreuung der ersteren in Mittelschweden nach etwa zwei Wochen im Vorsommer beendigt. Dieses schleunige Entleeren der Samen hängt weniger mit dem Bau der Kapsel zusammen, als vielmehr mit dem Seitendruck, den die grossen, glatten Samen mit ihren Riesenelaiosomen auf die Kapselwände und Kelchblätter ausüben, was zur Folge hat, dass sie kurz nach dem Aufspringen der Kapseln herausschlüpfen. Bei *L. multiflora* werden daher grössere Ansprüche an die Ausbildung der Kapselwände, besonders an die der xerochastischen Partie derselben, gestellt. Die Aussenwände der Epidermiszellen sind in zwei scharf geschiedene Schichten differenziert, die infolge Spannungsdifferenzen zuweilen im Querschnitt auseinander gespalten werden: eine äussere, hyalin-gelbliche Cuticularschicht mit einer Leistenfalte, die sich zwischen die Seitenwände hineinzwängt, und eine dunkelbraune Schicht, die sich ebenfalls weiter erstreckt und die starken Seitenwände bildet. Die innere Wand ist dünn, fast hyalin, von derselben Beschaffenheit wie die Zellulosawände der zarten Zellen, welche den dahinter liegenden Teil der Fruchtwand bilden. Bei *L. pilosa* sind alle Wände der Epidermis, mit Ausnahme einer relativ dünnen Cuticularschicht, hyalin und werden mit Ausnahme dieser und der Mittellamelle der Seitenwände von Chlorzinkjod blau gefärbt. Die geringe Xerochasie zeigt sich auch nach der Verbreitung der Samen, da sich dann die in trockenem Wetter offenen Kapselwände bei Regen ein wenig schliessen. Die Aussenwände sind in der

Mitte der Zelle und an der dünnsten Stelle etwa 5 μ dick, während die entsprechende Dicke bei *L. multiflora* etwa 10 μ beträgt. Die Zellenform ist palissadenähnlich und hat ein grosses Lumen; bei der letzteren mehr abgeplattet mit kleinem Lumen. — *L. Forsteri* verhält sich in allem wesentlich wie *L. pilosa*.

Bei *L. multiflora* sind die *Kelchblätter* steif und ein wenig xerochastisch, sie tragen somit dazu bei, die Samen in der Kapsel zurückzuhalten. Die Epidermis der Aussenseite hat stark verdickte Aussenwände, die wir bei *L. pilosa* und *L. Forsteri* wiederfinden. An der Mittelpartie der Innenseite sind die Epidermis und zum Teil die darunterliegenden Zellschichten in eine breite, 1—3 Zellschichten mächtige Schiene von Stereiden mit fast hyalinen, lichtbrechenden, stark verdickten Wänden umgebildet. Bei *L. pilosa* und *L. Forsteri* besitzt die Epidermis in der Mittelpartie Zellen, die ihrem Baue nach zwischen den braunwandigen Elementen, die sich sonst an der Innenseite des Blattes finden, und diesen Stereiden stehen, aber unter ihnen liegt eine schmale Schiene, die aus wenigen Stereiden von dem eben beschriebenen Bau besteht.

Der *Stamm*[1] der *L. multiflora* steht bis in den Spätwinter hinein steif aufrecht. Er besitzt ein kräftiges mechanisches Gewebe, das zu SCHWENDENERS »System des einfachen Hohlzylinders mit eingebetteten und angelehnten Mestomsträngen» gehört. Unter dem Assimilationsgewebe liegt ein Kreis von abwechselnd grossen und kleinen Gefässbündeln in einem Bastzylinder mit weniger beträchtlichen Anschwellungen für die kleinen und mit grösseren für die grossen Gefässbündel eingebettet. Zuweilen schliessen sich die kleinen Gefässbündel nur der Aussen- oder Innenseite des Bastzylinders an. Das gegen den Schluss der Vegetationsperiode etwas schrumpfende und verdorrende Assimilationsgewebe ist verhältnismässig mächtig; gegen den Bastzylinder liegt ein zusammenhängender Mantel von braunen, etwas stereomatischen Zellen. — *L. pilosa* hat keinen geschlossenen Bastzylinder. Die Gefässbündel, die hier mehr peripherisch als bei der vorhergehenden liegen, sind teils grosse, teils in einer Anzahl von 1—3 zwischen ihnen liegende kleine. Jene sind vollständig von Bast eingehüllt, diese sind mit einem äusseren und einem inneren Bastbeleg versehen, doch fliessen diese Belege häufig zusammen. Das Assimilationsgewebe ist nur halb so mächtig, ihm fehlt die braune Zellschicht. Es fungiert eine kurze Zeit nach dem Samenabfall, welkt bald nebst dem ganzen durch die Schwere der Infloreszenz im Bogen niedergestreckten Stengel hin. — *L. Forsteri* hat einen Stamm mit schwach erhabenen Leisten, die den grösseren Gefässsträngen entsprechen. Dieselben sind zahlreicher und nebst ihrer Basthülle etwas mächtiger als bei *L. pilosa*, wogegen die Anzahl der kleineren geringer ist.

Die echte *L. campestris*, wie sie in einer niedrigen Form mit gebogenen Ausläufern auf trockenen, sonnigen Halden in Mittelschweden vorkommt, ist kein Wintersteher und nähert sich den Tachysporen. Man trifft nämlich nicht selten schon im Hochsommer Individuen an, deren Kapseln sämtlich ganz entleert sind und deren Stämme, die einen nicht ganz so starken Bau wie die von *L. multiflora* haben, nicht mehr aufrecht stehen, sondern fast herabgewelkt sind. Ich möchte dies besonders

[1] SERN., Spridningsbiologi 309—310.

stark betonen, da ich in meiner Spridningsbiologi in Übereinstimmung mit vielen Systematikern, wie z. B. Buchenau, *L. multiflora* für eine Form der *L. campestris* gehalten und meine über jene gemachten Erfahrungen unter dem Kollektivnamen *L. campestris* eingeordnet habe. *L. multiflora* ist es, die ich l. c. p. 328 als Wintersteher erwähne; meine Kenntnis, dass die echte *L. campestris* mehr tachyspor ist, datiert erst seit dem Erscheinen meines ebengenannten Buches. — Die Sache hat ein gewisses theoretisches Interesse, da es sich hier zeigt, dass innerhalb einer Gesamt art zwei Elementararten sich in einer so wichtigen verbreitungsbiologischen Beziehung verschieden verhalten — eine Mahnung, sich bei pflanzenbiologischen Untersuchungen eine möglichst detaillierte systematische Unterlage zu verschaffen. — Von anderen Elementararten verhält sich *L. pallescens* Wg. ebenso. Im H. Berg. war am 16. Juli 1903 der halbe Samenabfall eines Bestandes abgeschlossen. Der obere Teil der Stengel war verdorrt.

Liliaceae, Amaryllidaceae und Iridaceae.

Die Liliengewächse zeigen eine recht grosse Mannigfaltigkeit in ihrer Verbreitungsbiologie. Die gewöhnlichsten Verbreitungsarten gruppieren sich folgendermassen:

Autochorie.

Ablegung. Der Stengel beugt sich oder fällt herab. Ablegung durch Samen: *Narcissus poeticus*, *Leucojum aestivum*[1] etc. (vgl. unten). Vermehrung durch Brutsprosse: *Chlorophytum comosum* (Thunb.) Baker. Diese Gruppe wird schon von Linné angedeutet, der in Sponsalia plantarum p. 368 folgendes sagt: »*Narcissus* enim, *Galanthus*, *Viola*, *Valentia cruciata* aliae, rectis stant caulibus, post vero florescentiam ad humum eundem reclinant.»

Geokarpie. Die nordafrikanische *Asphodelus acaulis* Desf. ist das einzige Beispiel, das ich bisher kennen gelernt habe. Fig. 2 S. 256. Der kurze, 27—40 mm hohe, in der Anthese orthotrope Blütenstiel macht während der Postfloration eine epinastische Krümmung, so dass er die kugelige Kapsel etwas in die Erde hineindrückt. In der Postfloration schliessen sich die Kelchblätter dicht zusammen. Der grüne Fruchtknoten ist dann von ihrer Basis und den Staubblättern eingeschlossen, die wie der Kelch verschleimen. Auch der lange Griffel verschleimt und ist bald zerstört. Wenn die epinastische Krümmung beginnt, trocknen Kelch und Staubblätter ab. Die Epinastie ist gegen die Kapsel hin häufig so stark, dass sich dieselbe fast gerade emporrichtet. Im H. B. Monsp., dem einzigen Ort, wo ich (1902) die Pflanze bisher habe studieren können, trug sie am 2. April teils Knospen, teils befand sie sich schon in der Anthese und teils in der Postfloration. Am 24. Mai waren mehrere Kapselstiele

[1] Sern., Spridningsbiologi 307. Der von der Länge (ein paar Dezimeter) des auf dem Boden ausgestreckten Stengels hier von mir erhaltene Maximalbetrag stammt aus dem H. B. U. In Südfrankreich, wo ich die Pflanze auf ihrem natürlichen Standort studieren konnte, d. h. an ruhigen Ufern bis an die oberste Grenze der Frühjahrsüberschwemmungen, mass ich Stengel, die in der Postfloration 95 cm lang waren.

verwelkt, und beim Öffnen der dicht unter oder an der Erdoberfläche liegenden Kapseln fand ich reife Samen; sie waren dunkel schmutziggrau, gross, unregelmässig apfelsinenscheibenförmig und hatten querlaufende, tiefe und kräftige Furchen.

Allochorie.

Anemochorie. Unter den kapseltragenden Liliengewächsen findet sich hier eine bunte Abwechslung, die am besten durch die unten gegebene Übersicht von der Verbreitungsbiologie der Gattung *Allium* beleuchtet wird.

Was die Zusammensetzung der Verbreitungseinheiten selbst betrifft, so bestehen sie: 1) in dem einzelnen Samen, 2) in der Kapsel selbst, 3) in der von der Hülle umgebenen Kapsel und 4) in der ganzen Infloreszenz.

Bei den drei ersten Arten von Verbreitungseinheiten ist die Hauptachse, die

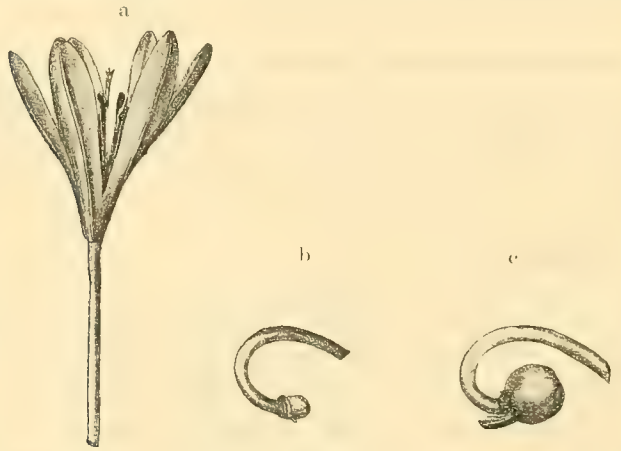


Fig. 2.
Asphodelus acaulis. H. B. Monsp. 19 $^{3}/_{6}$02. a) Blüte in Anthes. b) in Postfloration. c) in Frucht. $^{1}/_{1}$.

Fig. 3.
Muscari ambrosianum. H. B. Monsp. 19 $^{4}/_{6}$02 Kapsel auf dem Boden als Bodenläufer genommen. $^{1}/_{1}$.

häufig starke postflorale Verstärkungen erhält, im Verbreitungsstadium gewöhnlich als ballistischer Apparat ausgebildet. Die Fruchtstiele selbst sind auch meistens aufrecht und elastisch; wo die Samen die Verbreitungseinheiten bilden, lösen sie sich bald von der Plazenta und werden kraft der Xerochasie der Kapselwände, mittels des Gitterwerks, das beim Aufspringen der Kapsel von Gefässsträngen zwischen den Klappen erscheint, usw. zurückgehalten. Bisweilen sind sie, wie bei *Funckia ovata*, biegsam, zähe und tragen herabhängende Kapseln, in deren weitgeöffneten Klappen die geflügelten Samen mittels persistierender Samenstränge an der Plazenta zurückgehalten werden. In den beiden Fällen, wo ich gesehen, dass die bodenlaufende Verbreitungseinheit von der Kapsel selbst gebildet wird — ich zähle hier funktionslose, sitzengebliebene Fragmente der Hülle nicht mit —, ist in dem einen Falle der Stengel niederliegend (*Muscari ambrosianum*), in dem andern (*Veltheimia viridiflora* Jacq.), aufrecht und elastisch. Bei der letzteren sind die Kapselstiele schwach und hängend. Die drei Fächer der Kapsel dieser Arten bilden grosse, vorstehende, platte Flügel. Die Samen, von denen in jedem Fache 1—2 zur Entwicklung gelangen — häufig

schlagen sie auch in 1—2 Fächern ganz fehl —, sind gross, kugelig und fallen leicht bei der Winddrift aus, wenn die bei der Reife mehr oder weniger trockenen und häutigen Kapselwände oben an den Rückennähten aufzuspringen beginnen. Fig. 3 — Bei *Allium Schoenoprasum* findet man ein Beispiel davon, dass die Hülle wie ein Ballon um die Kapsel sitzen bleibt. Ballistischer Stengel mit aufrechten Fruchtstielen.

Unter den Monokotyledonen sind nicht viele Infloreszenz-Bodenläufer bekannt. Einige Gräser, unter denen *Spirifex squarrosus* das bekannteste ist, besitzen Infloreszenzen, deren Hauptachse normal abbricht, wonach sie vom Winde umhergetrieben werden. Der Stengel von *Arisarum vulgare* verdorrt bis zur Fruchtreife und bricht dann am Boden ab, um mit der von der Spatha umgebenen leichten Fruchtsammlung als Bodenläufer fortzufliegen (Sizilien, Monte Pellegrino, Frühjahr 1903). Unter den Liliaceen habe ich einige Fälle gefunden. Die auffallendsten dürften bei den nordamerikanischen *Allium platycaule* und *A. acuminatum* zu finden sein; sie werden im folgenden näher beschrieben werden.

Hydrochorie. Für mehrere Hydrophyten mit kleinen, leichten Samen, wie *Tofieldia* und *Narthecium*, dürfte die Verbreitung durch Wasser eine nicht geringe Bedeutung besitzen. Bei *Narthecium ossifragum* kommt noch der Umstand hinzu, dass die Samen ein besonderes, häutiges Anhängsel haben und dass es ein ausgeprägter Wintersteher ist. (In Nerike, Rockelbrokällan, standen zahlreiche vorjährige Infloreszenzen noch am $19^{27}/_{7}05$ voller Samen). — Die Wasserverbreitung der Samen von *Iris Pseudacorus* ist wegen der Bradysporie der Art einen sehr grossen Teil des Jahres sehr umfangreich, und die Lufträume der Samen von *Fritillaria Meleagris* dürften zu der längs den Wasserläufen stattfindenden Verbreitung dieser Pflanzen beitragen.[1]

Zoochorie. Die vielen Beerentypen unter den Liliengewächsen beweisen, dass die endozoische Verbreitung eine gewisse Bedeutung hat, was auch in einigen Fällen empirisch nachgewiesen ist. Die Zeitverhältnisse der Verbreitung sind wenig studiert worden. Das Gewöhnliche dürfte das lange Sitzenbleiben der von starken, verholzten Achsen getragenen Beeren sein; einige Beispiele von Winterstehern habe ich in meiner Spridningsbiologi gegeben. *Paris quadrifolia* ist ein Beispiel von relativer Tachysporie mit schwach mechanischen postfloralen Veränderungen des Fruchtstiels. Von dem Anhängsel, mit dem die Samen von *Colchicum autumnale* versehen sind, hat man angenommen, dass es im Dienste der epizoischen Verbreitung stehe. — Von gewissen *Iris*-Arten mit relativ niedrigen Stengeln und grossen, kugeligen Samen, werde ich im folgenden dartun, dass sie bei der Einsammlung von Vorräten seitens gewisser Nagetiere synzoisch verbreitet werden.

Hierzu kommt nun als spezielle Form der synzoischen Verbreitung die *Myrmekochorie*. Um die Eigentümlichkeiten des fruktifikativen Systems der Myrmekochoren und ihre postflorale Entwicklung zu verstehen, müssen wir zunächst von den Anemochoren und Autochoren ausgehen, da sich die Myrmekochoren direkt oder indirekt jedenfalls aus einigen unter jenen auftretenden Typen entwickelt haben.

Die Anemochoren erleiden in der Postfloration bedeutende Veränderungen. Der Stamm streckt sich so viel, dass er doppelt so lang wird als er in der Anthese der

[1] SERN., Spridningsbiologi 172, 176.

ersten Blüten war[1] (vgl. z. B. *Tulipae* und *Fritillariae*), und es tritt eine weitläufige Verstärkung der mechanischen Gewebe ein. Dieselben bestehen nämlich bei der Samenreife aus einem sehr starken Stereomzylinder, der einige Zellschichten — das Assimilationsgewebe — unter der Epidermis liegt; einige seiner Gefässbündel sind in seine Masse eingebettet und andere liegen darunter, und auch sie sind mit einem mehr oder weniger starken Stereombeleg versehen. Das Mark ist von Luft gefüllt, häufig entsteht eine zentrale Höhlung. Die Teile der Infloreszenz erleiden eine Reihe entsprechender Veränderungen. In den Kapselwänden finden sich Stereombelege an den Gefässbündeln, und die Epidermiszellen erhalten oft den Charakter von Stereiden. Die Fruchtstiele erheben sich bei den echten Ballisten, wenn sie in der Anthese herabhingen. Ihr mechanischer Mantel ist nun so mächtig, dass das Mark fast verschwindet, und ein kompaktes Stereom mit darin eingeschlossenen Gefässsträngen nimmt jetzt die Mittelpartie ein. — Im allgemeinen sind sie bradyspor, in der nordischen Flora sind mehrere sogar Wintersteher.

Aus diesem mehr ursprünglichen Typus haben sich jedenfalls folgende drei kapseltragende Tachysporen, deren Stengel bei der Samenreife liegend sind, jede für sich entwickelt.

Gruppe 1. Die Stengel verlängern sich in der Postfloration stark. Die mechanischen Gewebe sind schwach, und wenn die Turgeszenz abnimmt, senken sich die Stengel allmählich unter der Schwere der heranwachsenden Fruchtknoten zu Boden. Samen mittel- bis sehr gross, nicht myrmekochor. Beispiele: *Narcissus poëticus*, *N. Tazetta*, *Leucojum aestivum*, *L. vernum*.

Gruppe 2. Die Stengel verlängern sich etwas. Samen mittelgross, nicht myrmekochor, in einer grossen geflügelten Kapsel sitzend, die als ein Ganzes ungeöffnet abfällt und, als Bodenläufer fungierend, beim Umhertreiben die Samen ausstreut. Beispiel: *Muscari ambrosianum*. — *Gagea minima* bildet den Übergang zur folgenden Gruppe.

Gruppe 3. Die Stengel verlängern sich etwas, Samen myrmekochor: Der *Puschkinia*- und der *Viola odorata*-Typus.

Man kann sich die Myrmekochoren teils direkt aus einer Anemochorengruppe, z. B. aus den Ballisten, teils durch Vermittlung der autochoren Gruppe 1 entstanden denken.

Die starke Reduktion der ganzen postfloralen Entwicklung, welche die hierhergehörenden Myrmekochoren kennzeichnet, ist nämlich bei dieser Gruppe zum Teil durchgeführt. In der Postfloration verlängert sich allerdings der Stengel und wird breiter, aber er verstärkt kaum sein mechanisches Gewebe. Er wird nämlich in seiner Beziehung zu den sich entwickelnden Früchten nicht mehr als tragendes und exponierendes, sondern nur als leitendes Organ in Anspruch genommen. Wenigstens zeigen bei *Leucojum aestivum*, der einzigen Art, mit der ich experimentiert habe, die

[1] Diese postflorale Streckung ist nur der Abschluss derjenigen, die während der ganzen Entwicklung der Infloreszenz stattfindet.

jungen Stengel eine starke Fähigkeit, geotropische Bewegungen auszuführen[1]; dieselbe nimmt während der Postfloration im Anschluss an die schwächer werdende Turgeszenz ab und verschwindet zuletzt gänzlich. Hierzu kommt noch, dass der Stengel schon von einem frühen Entwicklungsstadium an bis zur Samenentleerung der Kapsel an der Assimilationsarbeit des Individuums teilnimmt. Sowohl in seiner äussern als auch in seiner innern Organisation sowie in gewissen Teilen seiner Biologie verhält er sich wie die Laubblätter. Betrachten wir *Narcissus poëticus* und *N. Tazetta*, so sehen wir, dass die Blätter und die Stengel in der Postfloration des letzteren im Wachstum gleichen Schritt halten. Schneidet man von einem Blatte ein Stück ab, so geht der Breitenzuwachs weiter, der übriggebliebene Teil verlängert sich weiter durch basalen, interkalaren Zuwachs und das Abwärtswelken von der Wunde aus geht sehr langsam. Dieselbe Erscheinung habe ich bei meinen Experimenten an Verstümmelungen des in der Postfloration stehenden Stengels gefunden, während es sonst eine bestimmte Regel ist, dass Stengel mehr oder weniger schnell absterben oder im Wachstum zurückbleiben, wenn sie durch Entfernung der Blüten dekapitiert worden sind.[2] Ausserdem nehmen sie noch immer an Breite zu. An *N. poëticus* wurde am 10. Juli 1905 (Lenna, Garten) ein liegender Stengel mit lebhaft grüner, aber, wie es schien, ausgewachsener Kapsel 250 mm vom Wurzelhalse und 72 mm von der Spatha abgeschnitten. Am 15. Juli betrug die Länge des übriggelassenen Teiles 257 und am 18. Juli 262 mm. An *N. Tazetta* habe ich (Frühjahr 1902, Montpellier) Stengel gemessen, die nach einer weit unter der Spatha vorgenommenen Dekapitation, nachdem alle ihre Blüten die Postfloration schon begonnen, an Breite um das Doppelte zugenommen hatten. — Die vier als Beispiele dieser Gruppe genannten Arten sind ja tachyspor. Ringsum die weitgeöffneten Kapseln von *N. poëticus*, im H. B. U. auf freiem Beete gezüchtet, lagen die Samen am 5. August 1905 ausgestreut. Die Kapseln öffnen sich, ohne die Samen durch irgend welche Arretiervorrichtungen zurückzuhalten. Die Fruchtstiele besitzen keine besonderen postfloralen Verstärkungen.

Bei der Annahme, dass die Anemochoren den ursprünglichen Typus bilden, stellen sich die eben beschriebenen Schwächen der postfloralen Entwicklung als Reduktionserscheinungen dar. Noch stärker ist, unter derselben Voraussetzung, die Reduktion bei den Myrmekochoren. Kapseln und Fruchtstiele sind sehr schwach. Nicht nur, dass die Stengel ursprünglich einen reduzierten Stereommantel besitzen und postfloraler mechanischer Verstärkungen entbehren, sondern ihre Verlängerung bleibt auch relativ schwach und ihre geotropische Reaktionsfähigkeit verlieren sie bald. Es lässt sich daher leicht denken, dass die Gruppe 1 mit ihrer nicht ganz so kräftig durchgeführten Reduktion einmal als Entwicklungsglied zwischen eine anemochore und eine myrmekochore Gruppe eingeschaltet worden ist.

---

[1] Ein Exemplar mit einem Stengel, an dem eine Blüte in der Anthese und die übrigen im Knospenstadium waren, wurde am 22. März abends so in ein wassergefülltes Gefäss gestellt, dass dasselbe einen Winkel von 45° gegen die Scheitellinie bildete. Am 23. mittags hatte sich sein oberster Teil grade aufrecht gerichtet. Die Umbiegungsstelle befand sich etwa an der Mitte des Stengels. (Montpellier 1902.)

[2] H. DE VRIES, Über abnormale Entstehung secundärer Gewebe. — E. VERSCHAFFELT, Longitudinal growth of stems and flower-stalks.

Nachdem ich nun diese Andeutungen über die allgemeine Phylogenie der Myrmekochoren gegeben, gehe ich zu der spezielleren Darstellung des fruktifikativen Systems der Myrmekochoren und seiner Entwicklung, besonders im Vergleiche mit anderen verbreitungsbiologischen Typen derselben Gattung, über.

Allium.

Die bisher fast unbekannte Verbreitungsbiologie der Samen — auf die der Brutknospen können wir hier nicht eingehen — dieser grossen Gattung ist in höchstem Grade abwechselnd. In der folgenden Übersicht gebe ich einige der prägnantesten Typen.

Autochorie.

A. ursinum und *A. triquetrum*. Die von den Ameisen nicht entfernten Samen legen sich mittels der schlaff herabhängenden Stengel um die Mutterzwiebel, und zwar in einer kleinen Entfernung von derselben.

Allochorie.

Anemochorie.

a) Die Verbreitungseinheiten bestehen nicht nur in den Samen, sondern es gehören dazu auch Teile der Mutterpflanze.

α) Blüte zu einer den Samen umgebenden Verbreitungseinheit umgebildet.

A. Schoenoprasum. Fig. 5 a. Die Verbreitungseinheiten bestehen bei der Ablösung in dem grossen, trockenen, röhrenförmigen und häutigen Kelch, der sich um die trockenen Staubgefässe, Griffel und Kapseln mit ihren kleinen, langen, eckigen Samen schliesst, sowie am häufigsten noch in einem Stückchen des sehr schwachen, etwa 1 cm langen Fruchtstieles. Kapselwand sehr schwach; Stengel verhältnismässig kurz, etwas elastisch, mit grosser Zentralhöhlung.

β) Die Verbreitungseinheit von der Infloreszenz mit dem ganzen Stengel gebildet.

A. platycaule. Fig. 4. Bei der Samenreife bricht dicht unter der Erdoberfläche der hier sehr zarte, etwa 1 cm lange Stengel ab; er treibt dann als Bodenläufer umher und streut dabei einen nach dem anderen der relativ kleinen eckigen Samen aus. Der Stengel, der eine sehr grosse Zentralhöhlung mit papierdünner, spröder Wand besitzt, ist stark abgeplattet, zuweilen 5 mm breit. Die Blüten sitzen in einer sonnenschirmartigen Dolde an spröden Stielen und ziemlich nahe aneinander. Die 6 Samen werden zwischen den weitgeöffneten Klappen (vgl. *A. odorum*) und den einwärtsgebogenen, langen, *schmalen* Kelchblättern zurückgehalten.

A. acuminatum. Der Stengel verhält sich wie bei *A. platycaule*. Er ist 1,5—2 Decimeter lang, rund; sein Durchmesser ist kleiner; aber sein Bau ist kräftiger. Die Blüten sitzen ziemlich nahe aneinander und in einer halbkugeligen bis sonnenschirmförmigen Dolde an 1—2 cm langen Stielen. Die 3 Samen der Kapsel werden

mittels der bis fast an die Basis geplatzten, emporgerichteten Klappen (vgl. *A. victoriale*) und der *breiten*, einwärtsgebogenen Kelchblätter, die zweimal länger als die Klappen sind, zurückgehalten. Die Griffel sind abgefallen.

b) Die Verbreitungseinheiten bestehen nur in den Samen; Ballisten.

α) Dicht gedrängte Fruchtsammlungen.

* Stengel mit einer ungeheuren Zentralhöhlung.

A. fistulosum. Fig. 5 b. Stengel bekanntlich wegen seiner ungeheuren Zentralhöhlung von grossem Durchmesser, mittelhoch. Fruchtstand sehr dicht geschlossen, die äussersten Fruchtstiele gehen gerade abwärts. Das Gewirre der miteinander verflochtenen Kapselklappen, der persistierenden trockenen Staubgefässe, der (allerdings

Fig. 4. *Allium platycaule*. H. Berg. $19^{17}/_{7}03$. a) Ein Bodenläufer $\frac{1}{3}$. b) Einzelne Blüten desselben $\frac{1}{1}$. c) Ein Samen $\frac{3}{1}$.

häufig abfallenden) Griffel und besonders der Kelchblätter hält die mittelgrossen, eckigen, sich den Kapselwänden anschmiegenden Samen in der Fruchtsammlung zurück. Die Klappen, deren Funktion also zurücktritt, sind daher auch schwach gebaut und an der Basis voneinander getrennt. Eine andere Reduktion erscheint an den Fruchtstielen, die, da ihre Schleuderkraft nicht mehr in Anspruch genommen wird, wie bei den Anemochoren der Gruppe β, schwach und spröde sind.

Fig. 5. Fruchtstände von anemochoren *Allium*-Arten. H. B. U. $19^{10}/_{9}05$.
a) *A. Schoenoprasum* **foliosum*. b) *A. fistulosum*. c) *A. odorum*. d) *A. senescens* **glaucum*.

** Durchmesser des Stengels unbedeutend; keine Anschwellung der Zentralhöhlung.

† Äussere Fruchtstiele gerade abwärtsgerichtet.

A. ammophilum. Die Blütenteile verhalten sich in der Samenverbreitung ungefähr so wie die der vorigen Gruppe; Kapselstiele kräftiger. — Nahe daran schliesst sich *A. sphaerocephalum.*

† Der Distalteil der äusseren Fruchtstiele kräftig emporgebogen.

A. coeruleum. Hoher, elastischer Stengel mit ziemlich grosser Zentralhöhlung, Fruchtstiele mittellang, zart, etwas elastisch. Kapseln nicht so dicht aneinander gedrängt wie die von *A. fistulosum.* Die kleinen Samen liegen in offenen Schalen, die von den bis zur Mitte getrennten Klappen, deren Rand einwärtsgebogen ist, und von den Kelchblättern, welche die Zwischenräume der Klappen ausfüllen, gebildet sind. Der gebogene Griffel sowie Fragmente der Staubblätter tragen zum Zurückhalten der Samen in der Schale bei. Dass die Blüten aneinander stossen, trägt jedoch nicht so stark, wie bei *A. fistulosum* zum Arretieren der Früchte bei. — *A. obliquum* weicht von verbreitungsbiologischen Gesichtspunkte aus von dem vorigen durch die etwas beträchtlichere Grösse der Samen, durch die verminderte Funktion des Kelches und durch die unbedeutende Zentralhöhlung ab. *A. polyphyllum* hat einen höheren und gröberen Stengel. Die häutigen Kelchblätter haben keine Funktion als Arretierungsorgane. Staubblätter stets und Griffel häufig bei der Samenverbreitung schon abgefallen.

2. Sonnenschirmähnliche Dolde.

A. platysphatum **amblyophyllum.* Stengel hoch, elastisch. Zentralhöhlung ziemlich gross, Fruchtstiele elastisch, mittellang und mittelgrob. Die arretierenden Organe, die, wie bei anderen mit dicht gedrängten Fruchtsammlungen versehenen, teils als solche in jeder einzelnen Blüte, teils auf die Samen der Nachbarblüte wirken, sind ausschliesslich die starken, bis an die Mitte gespaltenen und mit einwärts gebogenen Rändern versehenen Klappen. Kelchblätter, Griffel und Staubblätter sind schon in der Postfloration abgefallen.

β Blüten in der Dolde freistehend.

1. In jeder Kapsel 3 runde, schwach arretierte Samen.

A. victoriale. Stengel hoch, elastisch. Zentralhöhlung ziemlich gross. Kapseln voneinander durchaus frei, an langen, groben, elastischen Stielen, die sämtlich gerade sind, in einer kugeligen Fruchtsammlung. Die Klappen der weitgeöffneten Kapseln stark gebaut, bis dicht oberhalb der Mitte getrennt; sie umschliessen wie eine Schale je einen Samen. Der vertrocknete Kelch ohne Bedeutung, Staubblätter abgefallen, ebenso wie die Griffel, mit Ausnahme des kurzen Proximalteiles. — *A. stipitatum.* Hauptsächlich wie das vorige; Samen mehr eckig, Klappen mehr getrennt. Das gröbste *Allium* dieses Typus, das ich kenne. Stengel bis 110 cm hoch und 13 mm im Durchmesser; der völlig kugelförmige Fruchtstand erreicht einen Durchmesser von sogar 105 mm (H. Berg. 1906).

2. In jeder Kapsel 6 eckige, je einer Klappenhälfte sich anschmiegende Samen.

A. odorum. Fig. 5c. Stengel und Fruchtstiel wie bei *A. victoriale.* Fruchtstand

halbkugelig—sonnenschirmförmig. Samen ziemlich gross. Staubblätter in der Postfloration abgefallen, aber Griffel persistierend, ohne jedoch eine arretierende Bedeutung zu haben, die auch der vertrockneten Blütenhülle fehlt. — *A. senescens*, Fig. 5d, hat etwas kleinere Samen und Fruchtsammlung; es schliesst sich nahe an; Zentralhöhlung keine oder unbedeutend.

Myrmekochorie.

A. ursinum. Der grobe, dreieckige, im Innern kompakte Stengel erschlafft in der Postfloration. Die Fruchtstiele haben unmittelbar unter der Blütenhülle eine Anschwellung, die jedoch nicht so kräftig ist wie bei der folgenden Art. Zur Zeit der schnell beendigten Samenverbreitung sind Hülle, Staubblätter und Griffel verwelkt, aber nicht abgefallen; die Kapselklappen halten die 6 runden, mittelgrossen Samen nur schwach zurück.

A. triquetrum. Weicht von der obigen Beschreibung durch die kräftigere Anschwellung des Fruchtstieles und durch die grosse Zentralhöhlung des scharfen, dreieckigen Stengels ab.

Es dürfte schon aus dieser schematischen Aufstellung als sehr wahrscheinlich hervorgehen, dass die ballistischen Anemochoren, deren primäre Verbreitungseinheiten die vereinzelten Samen sind, entwicklungsgeschichtlich ein Zentrum bilden, von dem die anderen Verbreitungstypen ausstrahlen, und dass hinwiederum unter diesen anemochoren Formen die mit freistehenden Kapseln ausgerüsteten ursprünglicher sind als die, deren Kapseln dicht gedrängt sitzen. Charakteristisch für diese, die ursprünglichsten Ballisten, ist ein ausserordentlich kräftiger Stereomzylinder (vgl. RAUNKIÆR, De danske Blomsterplanters Naturhistorie, I, p. 190, Fig. 89D: Querschnitt des Stengels von *A. vineale*), elastische Fruchtstiele, starke Kapselwände und gewöhnlich ein höherer oder niedrigerer Grad von Bradysporie. Die dünne Kapselwand und den schwachen Stereommantel (vgl. RAUNKIÆR, l. c., Fig. 89C) von *A. Schoenoprasum* fasse ich als eine Reduktion ballistischer Ahnen auf, und dass die bodenlaufenden, tachysporen *A. platycaule* und *A. acuminatum* von Ballisten abstammen und als wichtigsten neuen Besitz die Fähigkeit des Stengels, sich bei der Fruchtreife an der Basis abzulösen, erworben haben, wird wohl ganz offenbar sein. Eine Erörterung, ob die für einen Bodenläufer sehr zweckmässigen Eigenschaften des abgeplatteten Stengels (*A. platycaule*) und der starken Entwicklung der Blütenhülle als Arretierapparat (*A. acuminatum* und gewissermassen auch *A. platycaule*) demgegenüber primär oder sekundär sind, ist noch nicht der Mühe wert.

Reduktionserscheinungen der beiden eben behandelten Myrmekochoren sind auch deutliche Anzeichen davon, dass sie abgeleitete Formen sind. Die Kapselstiele haben kein anderes mechanisches System als die Epidermis, ebenso wenig wie die Kapsel selbst, bei der besonders die innere kräftig ausgebildet ist. Es besteht Tachysporie; Arretierung der Samen in der Kapsel findet sich nicht. Am auffallendsten ist jedoch der Stengelbau. *A. ursinum* besitzt zwei Kreise Gefässbündel, *A. triquetrum* dagegen nur einen; bei beiden Arten liegen ausserdem Gefässbündel in dem Assimilationsparenchym unregelmässig verstreut. Die Ballisten sind, wie gesagt, mit einem sehr kräftigen Stereommantel ausgerüstet, der sich gewöhnlich dem äusseren Kranze

von Gefässbündeln anschliesst. Auch bei *A. ursinum* ist dieser Zylinder vertreten, derselbe hat aber alle Charaktere eines phylogenetischen Erbes von geringer funktioneller Leistungsfähigkeit. Er differenziert sehr früh — RAUNKIÆR bildet ihn ab (l. c. p. 155 Fig. 63 st) und zwar im Knospenstadium des Stengels (April) — er verharrt aber dann während der floralen und postfloralen Entwicklung des Stengels fast unverändert auf dieser meristematischen Stufe. Er besteht aus 1—3 Schichten von im Querschnitt ziemlich kleinen, mechanisch sehr schwachen Zellen, in deren dünnen Wänden noch bei der Samenreife keine Verholzung wahrzunehmen ist. Fig. 6. Bei *A. triquetrum* ist er fast gänzlich verschwunden. Die übrigen wirksamen mechanichen Elemente bestehen in einigen schwachen Stereiden neben den eigentlichen Gefässbündeln und in der Epidermis mit ihren, am meisten bei *A. ursinum*, kollenchymatisch verdickten Innenwänden, Erscheinungen, die sich sämtlich bei den Ballisten wiederfinden.

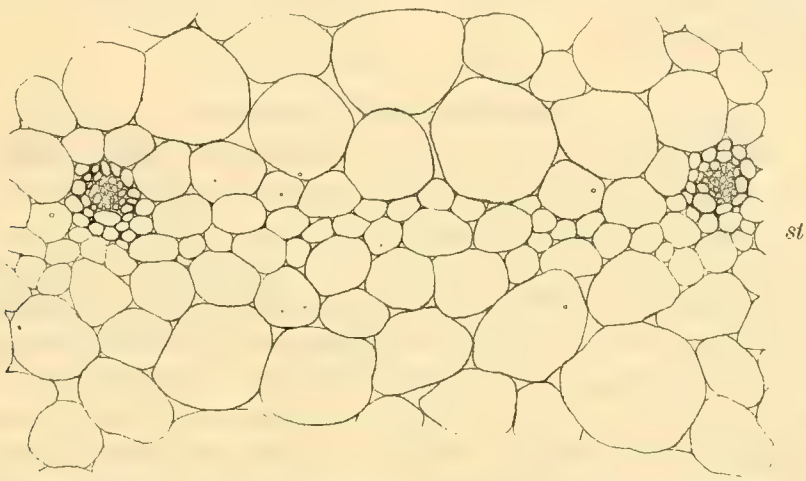


Fig. 6.
Allium ursinum. Skabbholmen 19 $^{24}/_{7}$ 01. Partie eines Querschnittes des Stengels in der Samenreife; *st* = der reduzierte Stereomzylinder. c. $\frac{7}{1}$.

Schon vorher ist die allgemeine Ursprünglichkeit des *Puschkinia*-Typus dem *Viola odorata*-Typus gegenüber betont worden, und es wurde gesagt, es sei nicht unmöglich, dass *A. ursinum*, vielleicht durch die Zwischenstufen samenablegender Autochoren, direkter von Ballisten abstamme, als *A. triquetrum*. An dem Fehlen des Stereomzylinders, an der schwachen mechanischen Verstärkung der Epidermiswände und vielleicht an der Höhlung des Stengels sieht man, dass die Reduktion des letztern weiter gediehen ist; auch ist eine Potenzierung einer die Myrmekochoren auszeichnenden Eigenschaft eingetreten, nämlich die lokale Ausbildung von Nahrung bereitenden oder aufspeichernden Organen in der unmittelbaren Nachbarschaft der Verbreitungseinheiten.

Chionodoxa Luciliae.

Die Epidermis bildet wahrscheinlich das wichtigste mechanische Element des schwach gebauten, eckigen Stengels. Aussenwand verdickt, Chloroplasten zahlreich.

An der Grenze zwischen Assimilationsgewebe und Mark liegen zwei Kreise von Gefässbündeln, ein äusserer mit 4—6 kleineren und ein innerer mit 3—5 bedeutend grösseren. Wenn die Turgeszenz des Parenchyms in der Postfloration abnimmt, fällt der Stengel zu Boden. Man kann dann in demselben keine andere Veränderung wahrnehmen als eine schwache Streckung. Wenn sich die Kapsel öffnet, haben alle Achsen schon zu welken begonnen, und wenn alle Samen herausgefallen sind, schrumpft der Stengel mit den Kapseln und ihren langen, schwach gebauten Stielen zu einer unregelmässigen, federleichten Masse ein, die bald vom Winde weggeführt wird. Gleichzeitig verdorren die Blätter, weshalb schon nach Mitte Juni im H. B. U. nur die Zwiebel übrig ist, deren kolossale Saftwurzeln jetzt bedeutend geschrumpft sind. — Die Kapsel ist sehr gross (Tafel I, Fig. 14), sie hat ein mächtiges Grundgewebe von grosszelligem Parenchym. Äussere Epidermiswände wenig verdickt. Zahlreiche Spaltöffnungen. — Perigon, Staubblätter und Griffel welken nach der Anthese und fallen bald ab.

Gagea lutea und G. minima.

G. lutea. Die Epidermis des Stengels wie bei den vorigen, aber an den Kanten mit wenigen Stereiden verstärkt. Die Gefässbündel sind zahlreicher, zwischen Assimilationsgewebe und Mark unregelmässig im Kreise geordnet. Wenn die Turgeszenz in der Postfloration abnimmt, fallen die etwas verlängerten, aber sonst unveränderten Stengel auf die Erde. — Die Kelchblätter, die auf der Hinterseite, besonders derjenigen der äussern, ein recht deutliches Assimilationsgewebe besitzen, umschliessen in der Postfloration die Kapsel. Dieselbe wird gross, dreieckig; ihre Wand ist sehr dünn und besteht aus zwei anfänglich assimilierenden Zellschichten zwischen den beiden Epidermisgeweben.[1] Tafel I, Fig. 16. Nach dem Öffnen der Kapsel schrumpfen Stengel, Kapselwände, Kelchblätter und Fruchtstiele sehr stark zusammen.

G. minima. Stengel ungefähr wie bei der vorigen. Dort scheinen die subepidermalen Stereidenbelege zu fehlen.

Hyacinthus orientalis. Tafel I, Fig. 18.

Bei anemochoren *Hyacinthus*-Arten — wir nehmen *H. romanus* als Typus — ist der Stengel gegen das Ende der Postfloration mit einem zusammenhängenden kräftigen Stereidenmantel ausgerüstet, in den ein äusserer Kreis von Gefässsträngen vollständig eingerahmt ist und an dessen Innenseite sich ein innerer Kreis anschliesst. Dieser Mantel besteht an seinem äusseren Umkreise aus im Querschnitt kleinen, aber dickwandigen und langgestreckten, im Innern aus weiteren, aber nicht so langen Zellen, in deren relativ dünnen Wänden sich zahlreiche grosse Poren befinden. Beide Arten von Zellen haben bedeutend verholzte Wände. — Die Fruchstiele sind kräftig, aufrecht.

Der mutmasslich myrmekochore *H. orientalis* hat einen viel gröbern Stengel. In der Postfloration ist das Assimilationsgewebe mächtiger, der Stereommantel aber

[1] SERN., Spridningsbiologi 308.

bedeutend schwächer ausgebildet. Er ist allerdings zusammenhängend und gross genug, um mittels lamellenartiger Vorsprünge die Gefässbündel des äusseren Kranzes zu umfassen. Zwischen diesen Gefässbündeln besteht er jedoch nur aus etwa zwei Zellschichten. Der Querschnitt dieser Zellen ist kleiner als derjenige der Zellen des Assimilations- und Markparenchyms, das er auseinander hält. Sie sind nicht sehr lang, sondern abgestumpft; die Wände sind schwach verdickt, werden aber *nicht*, wie die von *H. romanus*, von Fluoroglycin + HCl gefärbt. Die Kapselwände werden wegen des von einem mächtigen, dünnwandigen Parenchym gebildeten Grundgewebes sehr dick. Die Zellen der inneren Epidermis zeigen, von der Oberfläche betrachtet, einen schwach gewölbten Umkreis; ihre Zwischenwände sind mit Verstärkungen in Gestalt dicht gestellter, längslaufender Leisten versehen. Die Hülle verwelkt in der Postfloration. — Wenn sich die Kapseln zu öffnen beginnen, sind die Laubblätter völlig verwelkt.

Lachenalia pendula.

Der grobe Stengel beginnt in der Postfloration zu erschlaffen, während zugleich die Laubblätter allmählich hinwelken.

Ornithogalum.

Bei den anemochoren Arten ist, wie der Kapselstiel, der mit einem sehr starken Stereidenmantel ausgerüstete Stengel aufrecht. Die Kelchblätter schliessen sich sofort um den Fruchtknoten, wenn die Postfloration eintritt, sind aber bei seiner Reife verwelkt.

O. nutans hat in der Anthese fast hängende Blüten in einer mehr oder weniger einseitigen Traube. In der Postfloration senkt sich der Stiel unter dem Gewicht des heranwachsenden Fruchtknotens (Tafel I Fig. 1), und der runde Stengel erschlafft immer mehr, obgleich er mit einem zusammenhängenden Stereommantel von 3—4 Schichten Zellen mit verholzten Wänden versehen ist. Demselben schliesst sich ein Kreis von kleinen Gefässbündeln an. Sonst sind die Gefässbündel ziemlich gleichförmig über den ganzen Querschnitt des Marks verteilt. — Die Kapsel ist sehr gross, von den vertrockneten Kelch- und Staubblättern umgeben; ihre Wände sind 4 mm dick. Die dünnwandigen, an Raphiden reichen Zellen des Grundgewebes vertrocknen beim Öffnen der Kapsel vollständig. Die innere Epidermis ist stärker als die äussere. Der Fruchtstiel hat einen aus 2—3 Schichten verholzter Zellen gebildeten, im Vergleich mit dem Stengel mehr zentrierten Stereommantel, der jedoch nicht ganz zusammenhängt. Bei der Samenverbreitung, die, wie ich feststellte, im H. B. Monsp. $19^{6}/_{5}02$, im H. B. Amst. $19^{2}/_{6}03$ und im H. Berg. $19^{29}/_{6}06$ in vollem Gange war, liegen die Stengel auf der Erde und die Blätter sind fast verwelkt.

O. Kotschyanum. Diese in mehreren Beziehungen bemerkenswerte Pflanze nimmt auch wegen ihrer Postfloration eine Sonderstellung in der Gattung ein.[1] Der

[1] Sern., Spridningsbiologi 309.

Blütenstand ist eine Doldentraube, die in die Entwicklung der Blüten zur Traube wird. Die Hauptachse verlängert sich; in der Anthese der ersten Blüte ist sie recht kurz, aber während des Ausschlagens der Blüten wird sie allmählich bis etwa 15 cm lang. Die 9—17 Blüten sitzen an Stielen, die im Knospenstadium recht kurz sind, aber in der Anthese eine Länge von 3—4 cm erreichen, jedoch in der Postfloration nicht länger werden. Die Stiele behalten in sämtlichen drei Stadien eine Neigung gegen die Hauptachse von etwa 45°. Infolgedessen reichen die proximalen Blüten in der Anthese etwa so hoch wie der Gipfel der Infloreszenz, werden aber in der Postfloration von Blüten im Knospen- und Anthesenstadium verdeckt. Der unterste Blütenstiel tritt an der Erdoberfläche aus. Wegen der Verschrumpfung der von der Zwiebel ausgehenden Wurzeln wird die Pflanze in den Boden hinabgezogen, so dass die unterste Kapsel (oder die untersten) am Boden der von den breiten Laubblättern gebildeten Tüte liegt, während die übrigen, obgleich der Stengel aufrecht bleibt, nur wenig exponiert werden. Der Stengel erhält sich bis an das Samenverbreitungsstadium gut kraft seiner Turgeszenz, was von den Mengen wasserbewahrenden Schleimes abhängt, den er besonders im Rindenparenchym aufgespeichert hat. Es finden sich Rudimente eines Stereommantels von im Querschnitt kleinen Zellen mit nicht verholzten Wänden. Unter diesem Mantel liegen die Gefässbündel im Marke ziemlich gleichmässig verteilt. — Die Kapseln sind in der Postfloration lebhaft grün; die Kelchblätter, Staubfäden und Griffel bleiben vertrocknet sitzen. Beim Samenabfall ist die dicke Wand ziemlich vertrocknet; nur die innere Epidermis hat eine Verstärkung ihres Baues. Die Kapselstiele sind wie der Stengel gebaut, haben aber ein mehr zentriertes Stereom. — Im H. B. U. gehört diese Pflanze zur Frühlingsflora, und zwischen ihrem Blühen und der Ausstreuung der letzten Samen liegt eine Zeit von etwa 2 Monaten. Gleichzeitig mit dem Samenausfall beginnen die die Infloreszenz umgebenden, breiten, lebhaft grünen Blätter zu verwelken, die, nachdem sie sich im Herbst entwickelt, überwintert haben.

Puschkinia scilloides.

Schon zeitig im Frühjahr ist *Puschkinia* im H. B. U. verblüht — ihre Blüte fängt hier gewöhnlich Mitte April an —, ihre Stengel erschlaffen und legen sich bald ganz ausgestreckt auf den Boden. Die Samenverbreitung beginnt und ist Mitte Juni beendigt, worauf alle oberirdischen Organe, ausser den Samen, verdorren. Während dieser ganzen Entwicklung habe ich weder im Stengel noch im Blütenstiel irgend welche anatomischen Veränderungen wahrnehmen können. Das stärkste mechanische Element des Stengels, das jedoch, wenn seine eigene Turgeszenz und die des Grundgewebes abnimmt, nicht genügt, um denselben aufrecht zu halten, ist die Epidermis. Dieselbe hat in ihrer Entwicklung, die sich in ziemlich ähnlicher Weise bei mehreren anderen myrmekochoren Liliaceen wiederfindet, mehrere Züge mit der mechanischen Epidermis überein, die KLERCKER[1] bei *Aphyllanthes monspeliensis*

[1] Sur la structure anatomique de l'Aphyllanthes monspeliensis L.

beschrieben hat, obgleich sie in allen Beziehungen schwächer ist. Die Membran, mit Ausnahme der dünnen Cuticula, färbt sich in Chlorzinkjod intensiv blauviolett und steht hierdurch dem aus Zellulosa aufgebauten Kollenchym nahe. Die Zellen sind sehr lang, parallelepipedisch-spindelförmig, an beiden Enden rechtwinklig abgeschnitten. Zwischen ihnen sind zahlreiche Spaltöffnungen eingerahmt. Aussen- und Innenwände sind sehr verdickt. Folgende Tabelle gibt die in μ ausgedrückte Durchschnittsmasse der mechanischen Epidermiszellen von *Aphyllanthes* (nach KLERCKER) und von *Puschkinia*.

	Aphyllanthes	*Puschkinia*
Länge der Zellen	805	560
Radiale Breite der Zellen	65	42
Tangentiale Breite der Zellen	13,5	28
Länge der Lumina	795	558
Radiale Breite der Lumina	50	23
Tangentiale Breite der Lumina	7,5	25
Breite der Radialwände	7,5	3
» » Aussenwände	15,5	8
» » Cuticula + Cuticularschicht	8	4
» » Innenwände	—	7
» » Bodenwände	—	2

Von dem Stereommantel sind Spuren zu entdecken. Die Gefässbündel liegen in zwei Kränzen, und zwischen den kleinern äussern findet sich eine Schicht von 1—2 Zellen, die sich durch etwas dickere (nicht verholzte) Wände, etwas grössere Länge sowie kleinere tangentiale und radiale Ausdehnung von den Parenchymzellen der Assimilations- und Markgewebe, die von ihnen auseinandergehalten werden, unterscheiden.

Die Pflanze hat in der Anthese einige mm lange, abwärtsgekrümmte Blütenstiele. Ausgewachsen ist die Kapsel ziemlich kugelig und misst bis 9 mm im Durchmesser; ihre Farbe ist grün. Die Basis ist recht dicht von der untern Hälfte der dürren Kelch- und Staubblätter umgeben. Der unbedeutende Griffel bleibt ganz trocken sitzen. Der Bau der Kapselwand erinnert sehr an den von *Hyacinthus orientalis*. Der Fruchtstiel hat denselben Bau wie der Stengel, aber nur wenig Mark, und bloss der innere Kranz der Gefässstränge bleibt sitzen. — Zuweilen bleiben die Samen in den trockenen Kapseln liegen, die dann nebst ihren Stielen als Bodenläufer fungieren.

Scilla.

In meiner Spridningsbiologi 307—308 habe ich *Scilla pratensis* und *S. sibirica* als Vertreter zweier verbreitungsbiologischen Typen nicht nur innerhalb der Gattung, sondern auch unter den Liliengewächsen im allgemeinen dargestellt.

S. pratensis gehört zu den anemochoren Ballisten, die ich auf folgende Weise beschrieben habe (Spridningsbiologi p. 307): »Bei der Fruchtreife steht der zylindrische, etwas gerippte und gedrehte Stengel höher und elastischer als in der Blüte. Das mechanische System ist verstärkt und besteht aus einem zusammenhängenden, mächtigen, subkortikalen Stereidenmantel mit eingerahmten Gefässbündeln und deren

Stereidensträngen. Ausserdem sind die darunterliegenden Gefässbündel mit starken Stereidenbelegen versehen. — Die Kapselwand ist zähe und knorpelartig.»

S. sibirica (Fig. 7 sowie Tafel I, Fig. 19) ist myrmekochor und ihre postfloralen Verhältnisse habe ich (l. c. p. 307—308) so dargestellt: »Nach der Blüte verlängern sich die dreieckigen Stengel etwas und nehmen auch etwas an Breite zu. Sie legen sich bandförmig über den Boden, teils leiten sie Nahrung aus andern Teilen des Individuums in die mächtigen Kapseln, teils fungieren sie vermöge ihrer assimilierenden Tätigkeit als spezielle Nahrungsbereiter für dieselben. Das Assimilationsgewebe ist von verhältnismässig schwachen Gefässbündeln durchzogen und wird vor Austrocknung teils durch seinen eigenen Schleimgehalt, teils durch die schleimhaltige, mit schwach verdickten Aussenwänden versehene Oberhaut geschützt. Mechanische Elemente fehlen durchaus. Wenn die Kapseln sich zu öffnen anfangen, beginnt der Stengel zu vertrocknen. — Die grosse, etwa 8 mm lange Kapsel ist grün. Das Mesophyll der Kapselwände ist unmittelbar unter

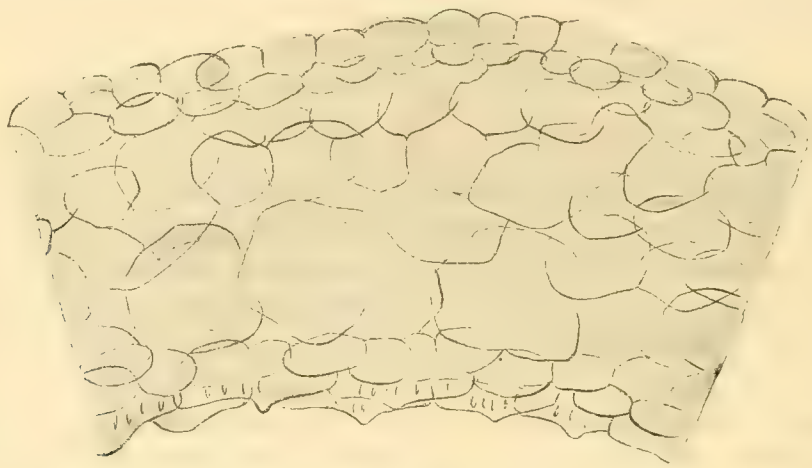


Fig. 7.
Scilla sibirica. H. B. Amst. 19 17/6 03. Querschnitt der Kapselwand. $\frac{75}{1}$.

der mit zahlreichen Spaltöffnungen ausgerüsteten Epidermis als Assimilationsgewebe ausgebildet. Die Wand vertocknet bald nach dem Aufspringen.» — Zu dieser Beschreibung habe ich folgendes hinzuzufügen: Die Epidermis des Stengels nähert sich, dem Bau und der Funktion nach, derjenigen von *Puschkinia*. Die Wandverdickungen sind jedoch schwächer, nur an den Kanten des Stengels nimmt die Mächtigkeit der Aussenwand bedeutend zu. Von dem Stereommantel, der jedoch bei den anemochoren Arten der Gattung stark ist, findet sich keine Spur. Ausserhalb des innern Kranzes von grösseren Gefässbündeln liegt eine Schicht sehr grosser Markzellen, die in der Postfloration noch mehr anwachsen, was wahrscheinlich allein die Volumzunahme des Stengels während dieser Zeit verursacht. — Die Kelchblätter verdorren, ohne den sich entwickelnden Fruchtknoten zu umschliessen. Griffel und Staubblätter bleiben verdorrt sitzen.

Die nur wenige mm langen Stiele der hängenden Blüten erleiden nach der Anthese keine Veränderungen. Sie sind ungefähr so wie die von *Puschkinia* gebaut;

Riesenmarkzellen fehlen. Bei der Samenverbreitung sind die Blätter welk und vertrocknen bald.

Wie bei *S. sibirica* ist auch der Stengel bei *S. amoena* und *S. bifolia*, von der es sich jedenfalls zeigen wird, dass sie myrmekochor ist, gebaut. Die postflorale Entwicklung ist genau dieselbe.

Ein dritter verbreitungsbiologischer Typus der Gattung — Autochorie mittels des bei der Samenausstreuung am Boden liegenden Stengels — ist wahrscheinlich durch *S. Lilio-Hyacinthus* vertreten. Der Stengel ist wie bei den Myrmekochoren gebaut und sinkt in der Postfloration auf die Erde, aber die Samen sind wahrscheinlich von den Ameisen nicht gesucht (vgl. die Experimente).

Triteleia uniflora.

Ein tachysporer Typus, der in den Gärten des Südens, wo ich denselben habe studieren können, seine Entwicklung von der Anthese bis zur Samenausstreuung in der Zeit von Ende März bis Ende Mai vollendet, ist *Triteleia uniflora*. Während der Stengel in der Postfloration zu Boden sinkt, erschlaffen die Blätter, und beim Fruchtabfall liegen sowohl Stengel als auch Blätter in langen Fetzen auf der Erde.

Der Stengel hat keine besonderen mechanischen Gewebe, aber an der Epidermis sind die Wände, besonders die äussern, verdickt. — Auch die Kapselwand hat keine mechanischen Elemente, aber ihre Epidermis besitzt stark verdickte Aussenwände (Tafel I, Fig. 4). Sowohl Kapselwände als auch Stengel nehmen in der Postfloration an der Assimilationsarbeit des Individuums teil.

Galanthus nivalis.

Der bikonvexe Stengel hat einen blattähnlichen Habitus und Bau; die Epidermis besitzt wenig verdickte Wände; zahlreiche Spaltöffnungen sind vorhanden. Dass Assimilationsgewebe ist lakunös und besteht aus kugeligen, ziemlich kleinen Zellen. Keine Spur von Stereommantel ist zu sehen. Die Gefässbündel sind wie sonst in zwei Kränzen geordnet. In den Blütenstielen fehlt wie gewöhnlich der äussere Kranz, und das Mark ist reduziert.

Der schon gegen das Ende der Anthese erschlaffende Stengel ist sehr vergänglich, so dass die Kapseln, wenn sie ausgewachsen, aber ehe noch ihre Samen ganz reif sind, oft lose wie glänzende kleine Eier auf der Erde liegen.[1] Tafel I, Fig. 22. Die Kelchblätter vertrocknen schnell in der Postfloration. Das etwa 2 mm mächtige Grundgewebe der Kapselwand ist in zwei Partieen differenziert: ein äusseres Assimilationsgewebe und ein inneres, mächtigeres, von grossen hyalinen Saftzellen aufgebautes, dessen dünne Wände leicht kollabieren und das am besten als ein für die Samen während ihres letzten Entwicklungsstadiums bedeutungsvolles Wassergewebe aufzufassen sein dürfte. Die äussere Epidermis hat eine markierte Cuticula, die innere

[1] Sern., Spridningsbiologi 308.

ist schwach gebaut. Nachdem die Kapsel sich zu öffnen begonnen, schrumpfen ihre Klappen schnell zusammen und verdorren; zugleich beginnt auch das Hinwelken der Blätter.

Über die postflorale Entwicklung von *Galanthus* kommen in der Literatur unrichtige Angaben vor. So sagt SCHMEIL in seinem Lehrbuch p. 232—233: »Die Frucht ist eine Kapsel, die sich von der Spitze aus mit 3 Klappen öffnet. Würde sie wie die Blüte abwärts gerichtet sein, so müssten sämtliche Samen in unmittelbarer Nähe der Mutterpflanze auf den Erdboden herabfallen, die daraus hervorgehenden Pflänzchen sich also gegenseitig Raum, Nahrung und Licht streitig machen. Dies muss daher verhindert werden, der Blütenstiel streckt sich nach erfolgter Bestäubung wieder gerade, so dass der beschäftige Wind die Samen aus der senkrecht stehenden Kapsel einzeln herausschleudern und über einen grösseren Bezirk aussäen kann.» Wenn man seine Ansicht von der Grösse des Anhanges ausnimmt, ist folgende Bemerkung richtig: »Die Samen besitzen einen kleinen, fleischigen Anhang, den gewisse Ameisenarten gern verzehren. Die Tierchen schleppen die Samen daher in ihre Baue und tragen somit ebenfalls zur Verbreitung der Pflanze bei.»

Iris ruthenica.

Folgende verbreitungsbiologische Typen sind mir in der Gattung *Iris* bekannt:

1) *Der I. sibirica-Typus.* Hohe elastische Stengel mit relativ *kleinen* Samen in stark gebauten Kapseln auf aufrechten, elastischen Stielen. Samen mehr oder weniger abgeplattet, ohne Anhang.

2) *Der I. spuria-Typus.* Wie der vorhergehende, aber Kapseln und Samen *gross.*

3) *Der I. Pseudacorus-Typus.* Wie der vorhergehende Typus, die Stiele der Kapseln sind aber abwärtsgedrückt und diese daher hängend.

4) *Der I. Chamaeiris-Typus.* Niedrige, elastische Stengel mit grossen Kapseln auf aufrechten Stielen. Samen gross, gerundet, elliptisch, ohne Anhang.

5) *Der I. sambucina-Typus.* Wie der vorhergehende Typus; die Kapseln mit ihrem Stiele wie bei Typus 3).

6) *Der I. ruthenica-Typus.* Niedrige, von den Kapseln abwärtsgebogene Stengel. Samen mit Anhang.

Die beiden ersten Typen sind Ballisten und besitzen die allgemeinen Charakterzüge derselben: eine hohe, infolge von Verholzung des mächtigen Stereommantels sehr elastische Hauptachse, Fruchtstiele ebenfalls aufrecht und elastisch, Kapsel stark gebaut, aufrecht, unvollständig offen, so dass die Samen nicht sofort hinausgeschleudert werden. Die Samen sind wegen ihrer abgeplatteten Form für einigermassen effektive Ausschleuderung geeignet.

Den Ballisten entwicklungsgeschichtlich nahe verbunden ist offenbar der von *I. Pseudacorus* gebildete Typus 3. Die Verbreitung erfolgt hier ausgeprägt hydrochor, und die Samen werden auch dann, wenn sie unmittelbar auf die Erde fallen, immer von dem Wasser, das die Standorte dieser Art lange Zeit überschwemmt, fortgeführt. Die ballistische Kraft des Stengels ist denn auch wenig effektiv, da er trotz seiner relativ starken mechanischen Ausrüstung von der Fruchtsammlung in

einem nicht selten recht starken Bogen niedergedrückt wird. Dass sich die Fruchtstiele unter der Schwere der Kapseln biegen, ist schon oben erwähnt. Ferner öffnen sich die Kapseln verhältnismässig weit, indem sich der Distalteil der Klappen zurückrollt, weshalb sich wenigstens die oberste Hälfte der Samenreihen schnell leert. Der starke Bau der Kapsel sowohl als der des Stengels gereicht also der Pflanze nur zu geringem Nutzen bei der Samenverbreitung.

Diese Eigenschaft der Samen der eben behandelten *Iris*-Arten, abgeplattet zu sein, hängt hier nicht, so viel ich habe finden können, wie bei den *Fritillaria*-Arten, von einer dem Samen oder hier vielmehr eigentlich dem Endosperm innewohnenden Fähigkeit ab, diese Form anzunehmen. Sie hängt von dem Seitendruck ab, der von den darüber und darunter liegenden Nachbarsamen ausgeübt wird. Ich habe mich hiervon durch folgende Experimente mit *Iris pseudacorus* überzeugt. Im Sommer 1905 machte ich an einigen Kapseln vorsichtig longitudinale Einschnitte, so dass die Samenanlagen auf kürzere Strecken entblösst wurden. Dieselben waren damals einige Millimeter lang, birnenförmig, und zeigten an den gegenseitigen Berührungspunkten eine schwache Abplattung. Da nahm ich an den entblössten Stellen die meisten Samenanlagen heraus, damit einige, die ich stehen liess, Gelegenheit haben sollten, sich ohne den von den übrigen ausgeübten Seitendruck zu entwickeln. Um die Samenanlagen, die ich entblösst sitzen liess, entstanden dann starke Absonderungen von Schleim, der später erhärtete, sowie Deformationen in den Wundflächen und um dieselben, so dass sich die Entwicklung verrückte. Besser gelang mir folgendes Experiment: Ich liess den abgesonderten Teil etwas von seinem Zusammenhange mit der Fruchtwand behalten und drückte nach der Operation die Wundflächen aneinander, worauf ich das Ganze mit Fäden umwickelte und so fixierte. In diesen Fruchtknoten traten keine so starken Deformationen und Schleimstockungen ein.

Fig. 8. *Iris Pseudacorus*. H. B. U. 19 $^{9}/_{10}$ 05. 1. Samen, der sich durch operative Eingriffe vom Seitendrucke relativ frei enwickelt hat. 2. Samen aus der Mitte einer Kapsel genommen. 3. Gipfelsamen. a) Von der Seite, b) von oben gesehen. $\frac{2}{1}$.

Als die freipräparierten Samenanlagen herausgewachsen und gereift waren, waren sie wegen des Seitendruckes der infolge des operativen Eingriffes und des Bandagendruckes unvermeidlichen Deformationen der Plazenta und der Fruchtwand allerdings nicht kugelig, bezw. birnenförmig, aber sie waren bedeutend höher; an Ober- und Unterseite waren sie nicht platt, sondern gerundet fazettiert, oder mit anderen Worten: da sie den Hohlraum nicht ausfüllten, in dem sie sich entwickeln durften, erhielten sie eine gerundete Oberfläche. Fig. 8, 1. Ich glaube durch diese Experimente gezeigt zu haben, dass *Iris pseudacorus* Samen hat, die, wenn sie sich frei

entwickeln dürften, nicht platt, sondern mehr oder weniger kugelig oder ellipsoidisch sein würden. — Die Natur macht übrigens in jeder Kapsel ähnliche Experimente selber. Fig. 8, 2 und 3. Nicht nur, dass die Samen im allgemeinen einander recht unähnlich sind, was von dem verschiedenen Grade des Druckes abhängt, dem sie ausgesetzt sind, sondern die Gipfelsamen jedes Kapselfaches haben einen unregelmässig halbkugeligen Oberteil in dem ähnlich geformten Hohlraum, welcher dem sich entwickelnden Samen zur Verfügung steht, eine Erscheinung, die den Kennern der quartären Pflanzenpaläontologie wohl bekannt ist.[1]

Diese Erscheinung hat eine gewisse Bedeutung für die Auffassung des Typus 4 mit gerundeten oder birnenförmigen Samen. Derselbe besitzt kurze, zuweilen nur 1 dm hohe Stengel, welche nicht über die Laubblätter emporragen. Die Stengel haben eine gewisse Schleuderkraft, und die Kapseln sind aufrecht, aber die runden Samen eignen sich nicht für effektive Ausschleuderung. Im Vergleiche mit den eigentlichen Ballisten sind sie also wegen der Kürze des Stengels und der Gestalt der grossen Samen für Anemochorie schlechter ausgerüstet. Es lässt sich gut denken, dass die in dieser Beziehung besser ausgerüsteten Gruppen 1 und 2 sich aus der in dieser Hinsicht primitiveren Gruppe 4 entwickelt haben. Hier sitzen die Samen an der Plazenta so weit auseinander, dass sie die runde Form bewahren konnten, die wahrscheinlich den Urtypus der Samen dieser Gattung darstellt, während die Samen der ersteren Typen zusammengedrängt und die plattere Form anzunehmen gezwungen wurden. — Die Frage, welches Verbreitungsverfahren das für das Fortleben der Arten dieser Gruppe das wichtigste sei, muss durch Studien in der Natur gelöst werden. Meines Erachtens ist zu untersuchen, ob nicht hier die synzoische Verbreitung durch *Nagetiere*[2] eine gewisse Rolle spielt. Mehrere dieser Arten sind in Südost-Europa und den Steppen zuhause. In diesen Gegenden leben mehrere Nager in Scharen, — ich denke vor allem an *Cricetus frumentarius* und *Spermophilus citillus* — die Vorräte in grossem Massstabe anlegen, und zwar besonders von *Samen* und Wurzelstöcken. Ich habe vergebens in der einschlägigen Literatur nachgesucht, um die wilden Arten zu erfahren; von Kulturpflanzen sammelt der Hamster Getreide, Erbsen und Bohnen. Jedenfalls müssten die grossen, an Nahrung reichen, oft glänzenden (die Zieselmaus liebt besonders glänzende Gegenstände) *Iris*-Samen diesen Nagern sehr willkommen sein.

Wenn also Typus 4 als eine primitive Gruppe zu betrachten ist, aus der die echten Ballistentypen herangezüchtet sind, so hat man vielleicht an Typus 6 das Beispiel einer zweiten entwicklungsgeschichtlichen Linie. Ich denke mir nämlich,

[1] Diese Experimente habe ich auch aus theoretischem Interesse veranstaltet, um einen Beitrag zu der Frage von der Vererbung erworbener Eigenschaften zu erhalten. — Das Endosperm ist bekanntlich ein aus einer besonderen Befruchtung entstandenes Individuum, dessen biologische Bedeutung nur die ist, von dem Schwesterindividuum, dem Embryo, verzehrt zu werden. *Iris Pseudacorus* ist eine in der gegenwärtig lebenden Flora recht alleinstehende Art, die wahrscheinlich bis tief in die Tertiärperiode zurückreicht. Während unzähliger Generationen ist also dieses Endosperm, dieses Individuum, durch mechanische Gewalt gezwungen worden, eine andere Form anzunehmen als diejenige, welche die demselben innewohnenden Eigenschaften ihm zu verleihen sich bestreben. Die Experimente beweisen, dass diese Eigenschaften nicht erloschen sind, und dass jene Gewalt es nicht vermocht hat, die Eigenschaft der Abplattung auf die Art zu vererben.

[2] SERN., Spridningsbiologi 229.

dass ein Typus wie *Iris ruthenica* möglicherweise zunächst aus einem mit aufrechtem, kurzem Stengel und gerundeten anhanglosen Samen ausgerüsteten Typus herzuleiten sei. Die eingetretenen Veränderungen sind eine Reduktion der mechanischen Gewebe des Stengels und der Kapsel, und sie nehmen demselben die ballistische Kraft, die belanglos wird, nachdem sich die Samen durch Ausbildung von Elaiosomen die Gelegenheit zu einer anders zu bewerkstelligenden effektiven Verbreitung verschafft haben.

Diese Reduktion ist, wie umfassend sie auch ist, doch nicht so weit vorgeschritten, wie bei den vorher besprochenen Liliengewächsen, und es scheint, als ob die mechanischen Gewebe der Gattung *Iris* zu der Gruppe der besonders inhärenten Charaktere gehörten. — Der Stengel hat bei der Samenausstreuung einen subkortikalen Stereommantel von 3—5 Schichten Stereiden mit verholzten Wänden. Darin ist zur Hälfte eingefasst ein Kreis von Gefässbündeln. Die übrigen sind in dem ganzen mächtigen Mark gleichmässig zerstreut. An der Innenseite derselben findet sich ein recht grosser Zellkomplex, der wahrscheinlich durch Reduktion eines Stereombelegs entstanden sein dürfte. Im Querschnitt sind die Zellen kleiner und im Längsschnitt länger als die sie umgebenden Markzellen; ihre Wände sind noch einmal so dick, aber nicht verholzt. — Ein eigentliches mechanisches Element fehlt der Kapsel, aber sowohl die äussere als die innere Epidermis sind kräftig entwickelt. Vor allem sind die inneren, palissadenähnlich angeordneten Zellen durch stark verholzte Wände gekennzeichnet. Der Durchmesser der Kapselwand beträgt nur 1 mm. Sie verdorrt wie der Stengel nach dem Fruchtabfall sofort und stark. Hierüber vgl. S. 41. — Die Blätter halten sich nach dem Fruchtabfall lange grün. Interessant ist es zu sehen, dass hier keine Reduktionen des mechanischen Gewebes stattgefunden haben. Dasselbe besteht aus subepidermalen I förmigen Trägern, die die Ober- und die Unterseite des bilateral gebauten Blattes miteinander verbinden. Die Gurtungen, kräftige, das Leptom umfassende Bastschienen, sind beiderseits ungefähr gleich stark, und von ähnlicher Querschnittsform. Als Füllung fungiert das Mestom nebst einem Balken von stereomatisch ausgebildetem Parenchym.

Nach Beschreibungen sollen die Samen einiger *Iris*-Arten eine fleischige Schale besitzen. Wenn Systematiker nicht *I. ruthenica* dahin rechnen, so habe ich niemals Gelegenheit gehabt, eine so beschaffene Art zu studieren. Wahrscheinlich gehören sie zu einer ganz besonderen verbreitungsbiologischen Gruppe.

Urticaceae.

Die Verbreitungseinheiten von *Parietaria lusitanica* sind bedeutend kleiner als die einer anemochoren Art dieser Gattung — als einziges Vergleichsmaterial standen mir nur einige Formen von *P. officinalis* zu Gebote —, eine unter den Myrmekochoren nicht häufige Erscheinung. Bei *P. officinalis* sind auch die Leitungsgewebe des kurzen Blütenstieles kräftiger entwickelt; spezifisch mechaniche Gewebe finden sich hier dagegen bei keiner von den beiden Arten.

Bei den Verbreitungseinheiten selbst, welche dieselbe morphologische Zusammensetzung haben, weckt die Tatsache unser Interesse, dass bei beiden dieselbe An-

schwellung der Hüllenbasis vorkommt, dass aber ihr Grundgewebe bei *P. lusitanica* in der Fruchtreife noch weich und ölführend, bei *P. officinalis* dagegen zu dieser Zeit trocken, fest und luftführend ist. Die Hüllblätter selbst schliessen sich bei jener dicht um die Nuss, bei dieser aber bilden sie einen weiten, langgestreckten Luftsack um dieselbe.

P. lusitanica ist tachyspor, sowohl in bezug auf die einzelnen Verbreitungseinheiten als auch rücksichtlich des ganzen Individuums; bei *P. officinalis* bleiben die Verbreitungseinheiten bedeutend länger sitzen, und die Infloreszenzen sind bradyspor.

Die Hochblätter der Infloreszenz von *P. officinalis* spielen eine Rolle, der nichts bei *P. lusitanica* entspricht. In der Postfloration nehmen sie nämlich an Grösse und Festigkeit zu. Jedes ist schaufelförmig, und sie schliessen sich in offenen Körben um die Verbreitungseinheiten zusammen. Dieselben werden meistens direkt vom Winde herausgeschüttelt und weggeführt. Doch bleiben noch manche sitzen und an den Partieen haften, in welche die Infloreszenzen schliesslich zerfallen. Wenn man mit dem Ärmel über einen *P. officinalis*-Bestand streicht, an dem dieser Prozess begonnen hat, bleiben diese Partieen wegen der rauhen Vorblätter daran hängen.

Die entwicklungsgeschichtliche Stellung des verbreitungsbiologischen Typus, den *P. lusitanica* in dieser Familie vertritt, lässt sich gegenwärtig noch nicht bestimmen. Die ausgesprochene Tachysporie ist auffallend; nach Autopsie kenne ich in dieser grossen Familie nur ein Seitenstück: *Urtica membranacea*. Diese hapaxanthe Art ist diöcisch; sie hat kleine, schwache männliche Pflanzen, deren abgeplattete Infloreszenzachsen horizontal mit abwärtsgerichteter Spitze sind, aber hohe, kräftige weibliche Pflanzen mit kantigen, aufwärtsgerichteten Infloreszenzachsen. Die Blüte setzt sehr bald Frucht, und die schwach gebauten Fruchtstände sind nach dem Ausschlagen der ersten Blüte in wenigen Wochen ganz entleert. Im H. B. Napolit. war die Fruchtverbreitung am 30. März 1903 in vollem Gange.

Santalaceae.

Thesium alpinum.

Die Blütenhülle bleibt nach der Anthese mit zusammengerollten Lappen sitzen. Während der Postfloration schwillt der Blütenstiel zum Elaiosom aus. Ausgesprochen tachyspor, so dass die untersten Verbreitungseinheiten eines Sprosses schon abgefallen sein können, während sich die Gipfelblüten desselben noch im Knospenstadium befinden.

Um den Zusammenhang dieses Verbreitungstypus mit anderen Typen zu finden, gibt es zwei Ausgangspunkte. — Bei den Gattungen *Anthobolus* R. Br. und *Exocarpus* Labill. sind die Verbreitungseinheiten Scheinfrüchte. Wie bei *Thesium* sitzt hier die Samenanlage der Fruchtknoten, die jedoch oberständig ist, auf fleischig angeschwollenem Stielende. — Die äussere Partie des urnenähnlichen Fruchtbodens, die in gewissem Grade an dem Aufbau des Elaiosoms teilnimmt, kann bei anderen Gattungen, z. B. *Osyris alba*, fleischig werden. Letztere ist jedoch bra-

dyspor; 1902 sah ich in Südfrankreich Sträucher mit noch zahlreichen Verbreitungseinheiten am 23. März.

Aristolochiaceae.

Asarum europaeum.

Sprosse niedergestreckt; Blütenstiele kurz, auswärts gerichtet oder abwärts gebogen; letztere biegen sich in der Postfloration noch mehr abwärts, so dass die Kapseln völlig von dem bekannten dichten, wintergrünen Laube verdeckt bleiben. Tachysporie; die Kapseln öffnen sich unregelmässig im Laufe des Sommers und lassen ihre Samen auf den Boden fallen. — Der Fruchtstiel ohne mechanisches Gewebe, mit sehr zentriertem Gefässbündelring. Epidermis zweischichtig, alle Wände gleichmässig und ziemlich stark verdickt. — Die Kapsel ist behaart, Wände und Deckel derselben ohne mechanische Elemente; aber auch hier ist die Epidermis zweischichtig. Die innere Epidermis sowie die der Scheidewände bestehen aus Zellen mit verholzten und gerippten Wänden, ungefähr wie bei den Lilienpflanzen. — Die Kelchzipfel bleiben während der Postfloration mit einfacher Epidermis sitzen, deren Wände wenig verdickt sind.

In der Familie scheinen Anschwellungen der Raphe sehr gewöhnlich zu sein. Ob dieselben, ausser bei *Asarum*, irgend welche Rolle für die Verbreitungsbiologie spielen, lässt sich noch nicht bestimmt sagen. Von *Aristolochia*, die sich in dieser Hinsicht besonders auszeichnet, haben mehrere tropische Arten nach meinen Untersuchungen im Bot. Museum zu Uppsala anemochore Samen, die der Wind vermutlich nach und nach zwischen den regelmässig getrennten, elegant geformten Klappen hervorholt, in die sich die septiciden oder septifragen Kapselwände zerteilen; und bei *A. Sipho* der Wälder des atlantischen Nordamerika fällt nach H. Solereder[1] das kolossale Samenanhängsel bei der Fruchtreife ab.

Polygonaceae.

Polygonum capitatum Hamilt.

Einen sehr bunten Wechsel der Verbreitungsarten finden wir als ein charakteristisches Merkmal dieser Familie. Wie U. Dammer,[2] der die betreffenden Verbreitungseinheiten besonders studiert hat, zeigt, bestehen sie selten aus Früchten allein, sondern aus Früchten nebst anderen Teilen der Mutterpflanze. Vor allem spielt hier die Blütenhülle eine sehr wichtige Rolle. Da Dammer so ausführliche Beispiele dieser verschiedenartigen Ausbildung gegeben hat, brauche ich hier nicht näher auf dieses Kapitel einzugehen.

Bei der Gattung *Polygonum* ist die Entwicklung der Hülle für den Dienst der Verbreitung sehr reich wechselnd. Gewisse Typen derselben stehen auch im Bau der

[1] Aristolochiaceae S. 270.
[2] Polygonaceae S. 6.

Verbreitungseinheiten und im Verlauf der Postfloration *P. capitatum* sehr nahe; besonders sei hier *P. amphibium* genannt. Bei diesem habe ich gezeigt,[1] dass die Hülle nach der Anthese sich um die Nuss schliesst, worauf die so gebildete Verbreitungseinheit schnell abfällt und, wenn sie in Wasser gelangt, sich hier eine Zeitlang schwimmend hält, hauptsächlich vermöge der zwischen der Nuss und der in der Postfloration wenig veränderten Hülle eingeschlossenen Luft.

P. capitatum hat niedergestreckte und kriechende Sprosse; die ältesten sind an der Basis verholzt. Die Blüten sitzen in zweiblütigen, mit häutigen Hochblättern versehenen Blütenständen, die aus den Achseln der kahnförmigen, relativ grossen Deckblätter entspringen. Die eine Blüte hat häufig einen schwach entwickelten, oft fehlschlagenden Fruchtknoten. Diese Blütenstände sind zu einer mehr oder weniger kugelförmigen Ähre von etwa 1 cm Durchmesser dicht vereinigt. Diese Ähren schliessen apikal einen vegetativen Spross ab. Häufig entspringt an dem obersten, mehr oder weniger deckblattähnlichen Blatte eine zweite Ähre. Ährenstiele 2—4 cm lang, mit Drüsenhaaren versehen. Sie sind der vegetativen Sprossachse angegliedert und mehr oder weniger emporgerichtet. In der Postfloration verlängert sich der Ährenstiel nicht merkbar. Die übrigen floralen Achsen und Hochblätter erleiden keinerlei Veränderung.

Wie schon oben beschrieben, schliessen sich die wenig veränderten Hüllblätter, die vorher, wie bei *P. amphibium*, als Schauapparat gedient, bei *P. capitatum* in derselben Weise um die Nuss. Auch hier besteht eine ausgesprochene Tachysporie, so dass, wenn die untersten Blüten in der Infloreszenz als Verbreitungseinheiten abfallen, die allerobersten sich noch im Knospenstadium befinden können.

Die Ausbildung der mit Blüten dicht besetzten Infloreszenzachse zeichnet sich auch durch eine bei Tachysporen, nicht am wenigsten bei den myrmekochoren, gewöhnliche Schwäche des Baues aus. Sie ist recht dick, aber die mechanischen Elemente bestehen nur aus einer den zentrierten Gefässbündeln anliegenden Stereomschiene, die aus 1—2 Schichten schwacher Stereiden mit verholzten Wänden besteht. Da das Mark durch Markstrahlen von wechselnder, zuweilen bedeutender Breite mit der Rinde verbunden ist, werden diese Stereomschienen niemals zu einem mechanischen Hohlzylinder vereinigt. Mark- und Rindenparenchym enthalten zahlreiche Stärkekörner und Kristalldrüsen von Kalciumoxalat. — Die Hochblätter sind schwach, ihre am deutlichsten hervortretenden Gewebe sind die beiden Epidermisschichten. Nach der Verbreitung oder schon gegen das Ende derselben welken sowohl Achsen als auch Hochblätter.

Die Ähnlichkeit dieser Verbreitungseinheiten mit denen von *P. amphibium* zeigt sich auch darin, dass sie bei Regenwetter recht innig an Gegenstände haften, die man über den Fruchtstand hin bewegt, und dass sie eine kurze Zeit schwimmen, wobei die Hülle sie über Wasser hält; isolierte Früchte dagegen sinken sofort unter.

[1] SERN., Spridningsbiologi 193.

Cynocrambaceae.

Theligonum Cynocrambe.

Stengel schwach, vertrocknet schon gegen das Ende des Frühlings vollständig, nachdem die Früchte abgelöst sind. Exemplare, deren meiste Blüten schon in der Postfloration waren und deren Stengel schlaff herabhingen, bemerkte ich schon am 1. April 1903 auf dem Monte Pellegrino. Da die Pflanze im Schatten, z. B. unter Sträuchern in den Maquis wächst, ist sie wenig verzweigt; ich habe auf Sizilien unverzweigte Stengel, die sich auf die Zweige einer *Myrtus* stützten, von sogar 55 cm Länge gemessen. Ihr anatomischer Bau zeigt ebenfalls eine schwache mechanische Struktur. Zu V. A. POULSENS[1] Beschreibung derselben habe ich nur weniges hinzuzufügen. Zwischen einer mechanischer Wandverstärkungen entbehrenden, aber mit verkorkten Radialwänden versehenen Endodermis und dem Leptom liegt ein Stereommantel (Pericyclus, POULSEN). Die Gefässbündel haben sich zu einem ziemlich dünnwandigen Hohlzylinder zusammengezogen. Mark klein.

Die eigentümliche, überständige, wegen Hervorstülpung während der Entwicklung des Fruchtknotens fast gynobasische Hülle fällt bald ab.

Die Familie besteht bloss aus der Gattung *Theligonum* mit zwei Arten. Die zweite Art habe ich nicht untersuchen können.

Portulacaceae.

Es lohnt sich kaum, hier näher auf die Verbreitung und die postflorale Entwicklung dieser Familie einzugehen, deren Myrmekochorie so wenig studiert ist. Ich nehme jedoch an, dass sich bessere Fälle dieser Eigenschaft finden werden als *Claytonia perfoliata*. Es scheinen nämlich elaiosomartige Anhängsel bei anderen Gattungen gewöhnlich zu sein, und mehrere postflorale Erscheinungen deuten zugleich auf Myrmekochorie. — U. a. denke ich an die Gattung *Calandrinia*, die wahrscheinlich Repräsentanten des *Viola odorata*-Typus enthält. Tafel III, Fig. 97. In der Postfloration richten sich die Fruchtstiele der *C. discolor* durch eine energische basale Krümmung grade nachunten. Die schwach gebauten Kapseln enthalten schwarze, glänzende Samen mit elaiosomartigem Anhängsel. Bei *C. compressa* SCHRAD. sind die Blütenstiele während der Anthese dicht an die Infloreszenzachse gedrückt, während der Postfloration aber machen sie eine schwache Krümmung abwärts. Trotzdem liegen sie bei der Samenverbreitung auf dem Boden oder wenigstens nicht hoch über demselben, denn der Stengel ist adscendent, so dass er während der Blüte successive plagiotrop wird. Auch hier ist die Kapsel, die ähnliche Samen wie die der vorhergehenden enthält, schwach, aber während bei *C. discolor* die einzige verstärkte Gewebepartie aus der äusseren, lokal durch Stereiden verstärkten Epidermis besteht, wird sie in ihrer Funktion hier von einer einfachen bis doppelten zusammenhängenden Schicht Stereiden unterstützt. — Bei *C. perfoliata* macht auch der Blütenstiel während der Postfloration eine Krümmung abwärts, aber kurz vor der Samenschleuderung richtet er sich wieder auf, so dass die Kapsel nach oben gerichtet wird.

[1] Cynocrambaceae, S. 123.

Caryophyllaceae.

Die Anemochorie spielt in dieser Familie eine vorherrschende Rolle. — Die Verbreitungseinheiten dürften in den meisten Fällen in den Samen selber bestehen. Dieselben sind dann meistens in einer mit ballistischer Expositionsachse ausgerüsteten, aufwärtsgerichteten Kapsel eingeschlossen, die sich an der Spitze öffnet und deren Klappen ausgeprägt xerochastische Erscheinungen zeigen. Besonders prägnante und bekannte Beispiele finden sich unter den *Silenoiden*. — Bei einigen Arten, bes. *Paronychieen* und *Scleranthеen* ist die Frucht eine trockene Schliessfrucht, und die Verbreitungseinheiten sind, wie z. B. bei *Scleranthus*, nicht selten aus der Frucht und den sie umgebenden, überdauernden Hüllblättern zusammengesetzt.

Von dieser letztgenannten Form der Verbreitungseinheiten zu den eigentlichen *Bodenläufern*, einer bisher unter den Caryophyllaceen noch nicht beobachteten biologischen Gruppe, mit der wir uns jetzt beschäftigen wollen, existieren alle Übergänge. (Unter Bodenläufern verstehe ich solche Verbreitungseinheiten, die aus ganzen Sprosssystemen oder Teilen derselben zusammengesetzt sind, welche Früchte und Samen enthalten, die während des durch den Wind bewirkten Umhertreibens des Bodenläufers ausgesät werden.[1] Der Begriff dürfte, was ich in diesem Zusammenhange schon bei den Lilien (vgl. z. D. *Veltheimia*) getan, auf alle Verbreitungseinheiten auszudehnen sein, die über den Boden geblasen werden und dabei die in ihnen enthaltenen Früchte oder Samen aussäen). Mehrere *Paronychieen* mit Verbreitungseinheiten des ebengenannten Typus, z. B. Arten der Gattung *Paronychia* selbst, öffnen sich nämlich an der Basis und lassen den Samen fallen. Diese Verbreitungseinheiten wird man wohl kaum Bodenläufer nennen können; sie vermitteln aber den Übergang zu den wahren Bodenläufern, die aus der Kapsel mit oder ohne Partieen von Hülle und Stiel gebildet sind; von diesen finden sich einige bei einigen Gattungen der *Silenoideen*. Ich werde Beispiele von den im Herbst 1903 und 1905 in H. B. U. gemachten Beobachtungen anführen.

Silene conoidea (Fig. 9) hat kalebassenähnlich geformte, mit glatten, harten Wänden ausgerüstete Kapseln, die bei der Reife abfallen. Mit Samen angefüllt, werden sie im September vom Winde um das Beet getrieben, auf dem die Pflanze angebaut ist, wobei ein Same nach dem andern zwischen den bei Dürre zurückgeschlagenen Klappen herausfällt. Bei feuchtem Wetter schliessen sich letztere zusammen und versperren ganz und gar die Mündung. — Einen anderen Typus vertreten *Silene baccifer* (Fig. 10) sowie *Vaccaria segetalis* (Fig. 11). Hier öffnen sich nicht die Kapseln mittels Klappen, sondern die Samen werden bei der Zerstörung der zarten Kapselwände während des Umhertreibens auf dem Boden (Fig. 10 b und Fig. 11 c) successive herausgeschüttelt.

Eine besondere Abteilung der Bodenläufer bilden die Caryophyllaceen, deren Sprosssysteme in beliebig viele Teile zerbrechen, die der Wind dann zerstreut. Zufällige solche von *Arenaria serpyllifolia* habe ich in Spridningsbiologi 19 beschrieben. Regelmässig scheinen dagegen bei *Gypsophila porrigens* Boiss. die Sprossachsen, die nach der

[1] Sern., Spridningsbiologi 11.

Reife der Kapseln trocknen und sehr zerbrechlich werden, vom Winde zerbrochen zu werden. Das Achsensystem ist sehr ausgebreitet, und die Kapseln sitzen auf grade abwärtsgerichteten Stielen. Hierdurch ist der Übergang zu einer andern verbreitungsbiologischen Gruppe der Familie gebildet, die wieder den myrmekochoren *Arenaria*-Arten sehr nahe steht.

Diese Gruppe besteht aus *Stellaria Holostea* und *Lepirodiclis holosteoides* (C. A. M.) Fenzl. Bei diesen sind sind die Sprosssysteme mit ihren relativ grossen, dichtgestellten Blättern mehr oder weniger niedergestreckt und ausgebreitet ästig. Die Blütenstiele

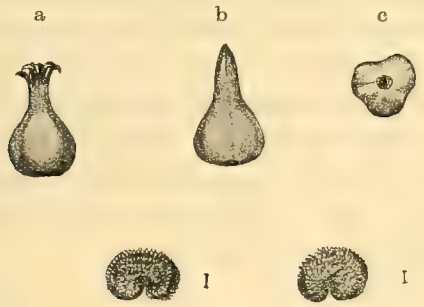


Fig. 9. *Silene conoidea*. H. B. U. $19^{13}/_{9}03$. a) Bodenlaufende Kapsel in trockenem b) in feuchtem Wetter; c) von unten gesehen; d) Samen a) b) c) $\frac{1}{1}$; d) $\frac{5}{1}$.

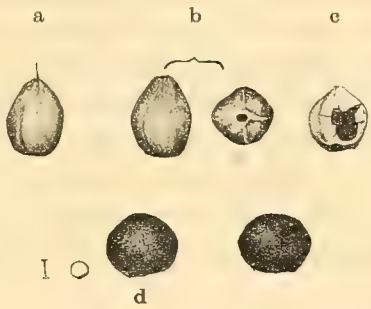


Fig. 11. *Vaccaria segetalis*. H. B. U. $19^{13}/_{9}04$. a) b) c) Bodenläuferkapseln $\frac{2}{1}$; d) Samen $\frac{5}{1}$.

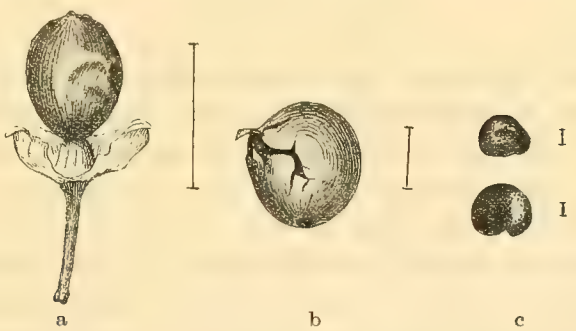


Fig. 10. *Silene baccifer* H. B. U. $19^{12}/_{9}03$. a) b) Bodenläufer $\frac{2}{1}$; c) Samen $\frac{4}{1}$.

beugen sich während der Postfloration nach unten, und die abwärtsgerichteten Kapseln lassen die verhältnismässig grossen Samen, die jedoch keine Anhängsel haben und nicht myrmekochor sind (vgl. die Experimente sub *St. Holostea*), direkt auf den Boden fallen. Bei *Lepirodiclis* nimmt die Grösse des Kelches zu und er assimiliert während der Samenreife weiter. Direkt unter seiner Insertion schwillt der Blütenstiel an.

Es erscheint nicht unwahrscheinlich, dass sich *Arenaria muscosa* und *A. trinervia* aus Arten entwickelt haben, die diesen Verbreitungsmodus gewonnen, den man, wenn man will, autochor nennen könnte. Ihr Sprosssystem ist habituell von derselben Art wie das der beiden ebengenannten Arten. Die Blütenstiele biegen sich auch in der Postfloration abwärts und verharren in dieser Lage beim Öffnen der Kapseln. — Betrachten wir besonders *A. muscosa*, deren Myrmekochorie durchaus

festgestellt ist; hier biegt sich der Blütenstiel während der Postfloration an zwei Stellen: am stärksten am Insertionspunkte und schwächer gleich unterhalb des Kelches. Tafel I, Fig. 25. Direkt unter dem Kelche schwillt der Fruchtstiel etwas an (vgl. *Lepirodiclis*), das mächtige Rindenparenchym wird sehr reich an Stärkekörnern und Drüsen von Kalciumoxalatkristallen. Die Blütenstiele erleiden übrigens mehrere postflorale Veränderungen, bleiben aber doch ziemlich schwach. Um die wenigen zentral gelegenen Gefässbündel schliesst sich fast vollständig ein mechanischer Hohlzylinder aus 1—2 Schichten Stereiden. Dieselben erhalten während der Postfloration verholzte und etwas dickere Wände. Die Kapseln sind schwach gebaut; verstärkt werden sie durch die dieselben umschliessenden Kelchblätter, die von je einer Bastschiene durchzogen sind. — *A. trinervia* steht in der Postfloration den Anemochoren etwas näher. Die Anschwellung unter dem Kelche ist nicht so stark, aber anstatt dessen ist der mechanische Hohlzylinder desto mehr verstärkt. Er wird vollständig von 2—3 Schichten Stereiden mit jetzt sich verholzenden und bedeutend dicker als bei *A. muscosa* werdenden Wänden geschlossen. Die Kelchblätter verstärken die Kapselwand durch 3 Bastschienen, die ihre Mittelpartie durchziehen.

Ranunculaceae.

Adonis vernalis.

Die Trennung der Karpelle der *Adonis*-Arten von der Mutterpflanze wird im allgemeinen, z. B. bei *A. autumnalis*, durch die stärkere oder schwächere Ballistik des Stengels bewirkt. (Zuweilen dürften sich die mit einem gekrümmten, spitzen und fest gebauten Griffel ausgerüsteten Karpelle von *A. pyrenaicus* epizoisch verbreiten können.) Die Fruchtböden sind nämlich fest gebaut, sie besitzen eine nur geringe Mächtigkeit, aber bloss eine kleine Zentralhöhlung; die Karpelle bleiben lange sitzen. Nicht so bei *A. vernalis*. Hier reifen und fallen die Karpelle sehr bald nach dem Eintritt der Blüte in die Postfloration. In dem bis zu 5 mm breiten Fruchtboden findet sich eine grosse Zentralhöhlung. Der Aufbau ist sehr schwach, und das einzige mechanische Element ist eine Stereomschiene von 1—2 Zellen Mächtigkeit dicht an dem mächtig entwickelten Leptom.

Die Stengel sind fest gebaut, fast holzig und durchaus ebenso ballistisch wie bei andern Arten der Gattung. Die Myrmekochorie ist von entwicklungsgeschichtlichem Standpunkte aus als eine Verstärkung des schwachen Verbreitungseffekts zu rechnen, den die Elastizität des Stengels bewirkt. Doch ist der Längenzuwachs der Expositionsachsen, der bei *A. autumnalis* in der recht bedeutenden postfloralen Verlängerung des Blütenstieles vorliegt, bei *A. vernalis* nur schwach vertreten. Dies ist vielleicht als eine der häufigen Reduktionserscheinungen zu erklären, die die Erwerbung der Myrmekochorie nach sich zieht.

Ficaria verna.

Einer jener sich schnell entwickelnden Frühjahrspflanzen, die so häufig myrmekochore Ausbildung erlangt haben. Die Stiele sind mehr oder weniger plagiotrop, aber der Distalteil macht während der Anthese eine schwache Biegung nach oben, infolgederen die Blüte exponiert wird. Während der Postfloration erfolgt eine ebenfalls schwache, entgegengesetzte Bewegung. Tafel II, Fig. 56. Nachdem das Perianth abgefallen ist, biegt sich nämlich die Karpellsammlung etwas nach unten. Die Zone, die diese Krümmung ausführt, umfasst einige cm und beginnt etwa 1 cm unterhalb des Perianths. Wenn die Früchte reif sind, liegen Stengel und Blätter schlaff oder verwelkt am Boden. Der Stiel ist sehr schwach gebaut und hat keine mechanischen Elemente. Er verlängert sich etwas, verstärkt sich aber nicht in der Postfloration. Die Brutsprosse der oberen Blattachseln verbreiten sich autochor mittels des ausgebreiteten Sprosssystems.

Helleborus foetidus.

Stengel und Blütenstiele sind wie bei *Adonis* stark mechanisch gebaut. Besondere postflorale Verstärkungen entstehen nicht, nur entwickeln sich die Fruchtknoten zu kräftigen Balgkapseln. — Die Blüten nehmen auch noch in der Postfloration die abwärtsgerichtete Stellung ein, die sie in der Anthese[1] (wenigstens im ersten Teile derselben) gehabt hatten. Die Epidermis der Blütenstiele macht in der Anthese und noch stärker in der Postfloration Querfalten und nimmt dabei Partien des darunterliegenden mächtigen als Assimilationsgewebe entwickelten Rindenparenchyms mit. Die Zentralpartie besteht aus einem kleinen Mark und einem Ring von Gefässsträngen, die vollständig von einem Stereommantel umschlossen sind. Die bei den einzelnen Blüten hervortretende Tachysporie tritt bei der gesamten Infloreszenz von *Helleborus foetidus* wegen ihrer Grösse und langen Entwicklungszeit nicht so deutlich hervor (Ludwig, a. a. O.). — Der Stengel von *H. corsicus* hängt oft schlaff, wenn die Kapseln reif geworden sind.

Hepatica triloba.

Die Gattung *Anemone* L., aus der *Hepatica* ausgesondert worden ist, zeichnet sich im allgemeinen durch anemochore Verbreitung ihrer Karpelle aus. Besonders ist dies der Fall bei der Untergattung *Pulsatilla*, die jetzt auch meistens als eigene Gattung hingestellt wird. Hier verlängert sich der Stengel sowohl unterhalb als auch oberhalb der Hülle höchst bedeutend, eine weitgehende Verholzung tritt ein, und die mit einem besondern Flugapparat ausgerüsteten Früchte werden somit in einer sehr vorteilhaften Weise exponiert. — Schwache Bradysporie. — Die Gattung *Anemone* im engeren Sinne enthält auch im allgemeinen Anemochoren. Dieselben lassen sich in zwei Gruppen teilen, die beide mehr oder weniger tachyspor sind: die erste umfasst die-

[1] Ludwig, Biologische Beobachtungen an *Helleborus foetidus*.

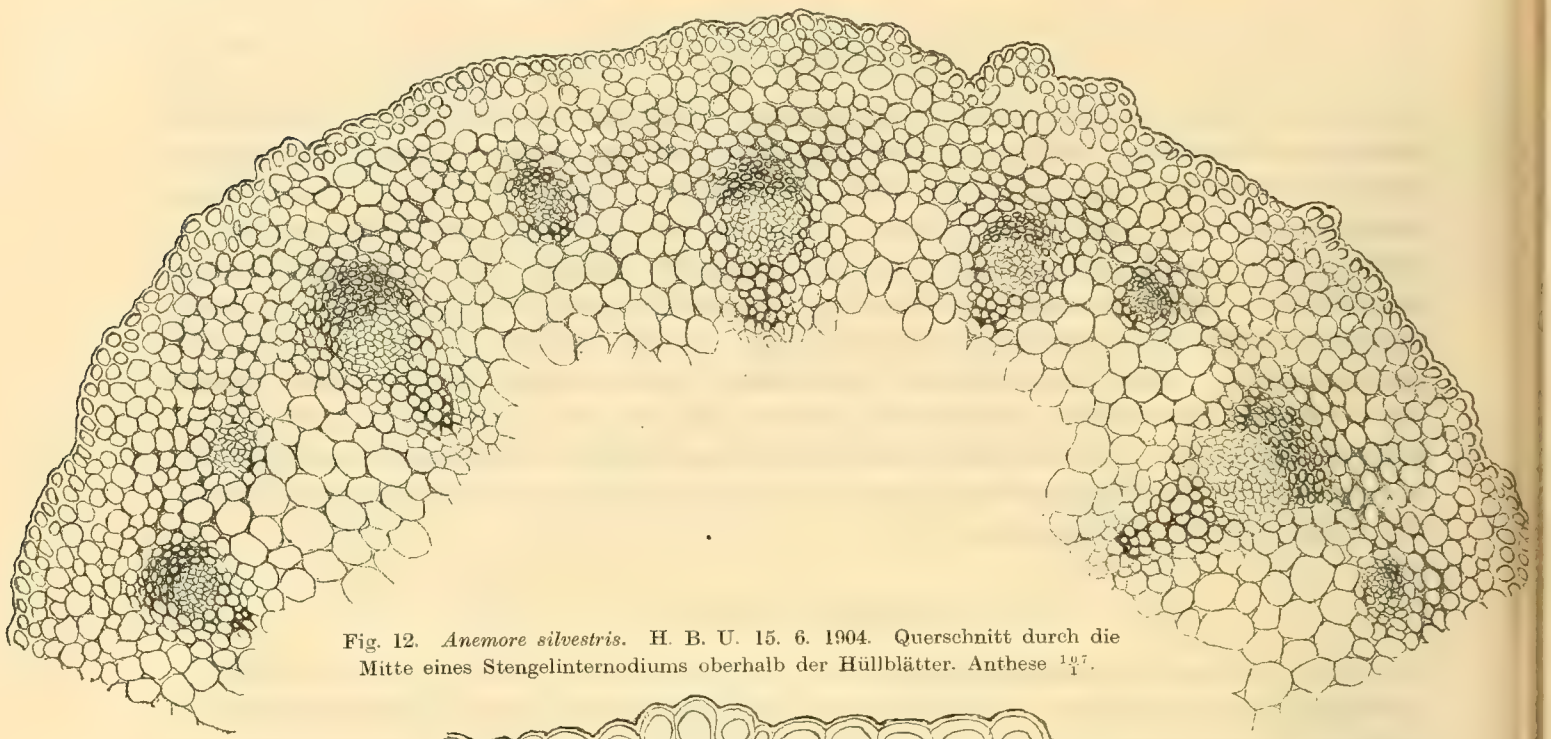


Fig. 12. *Anemore silvestris.* H. B. U. 15. 6. 1904. Querschnitt durch die Mitte eines Stengelinternodiums oberhalb der Hüllblätter. Anthese $\frac{107}{1}$.

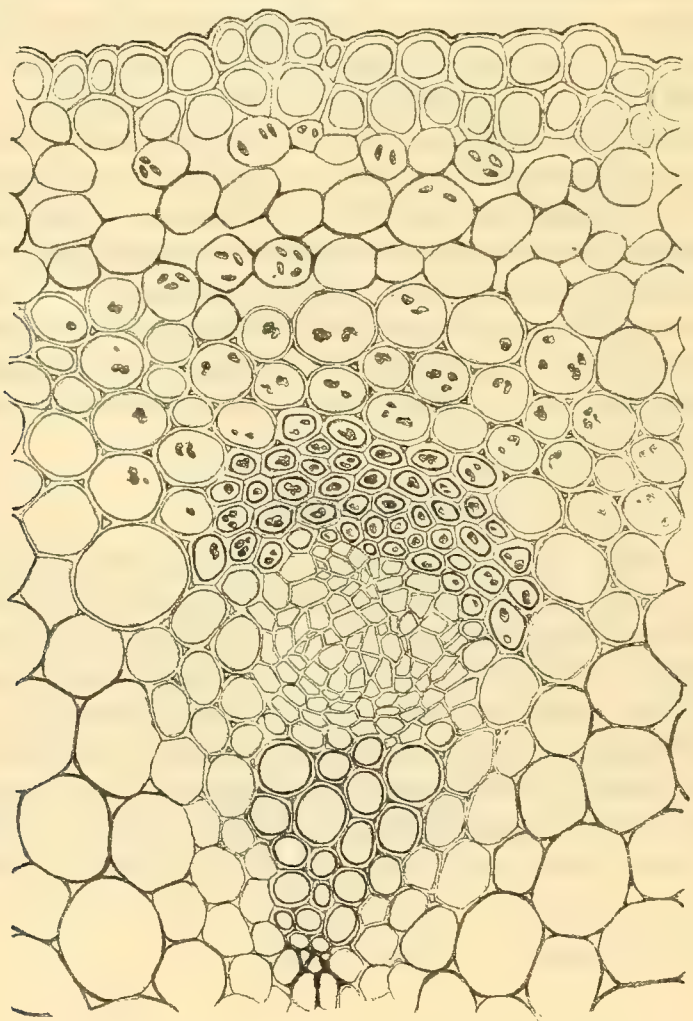


Fig. 13. *Anemone silvestris.* Detail des vorigen Schnittes $\frac{800}{1}$.

jenigen, bei denen der Stengel sich allerdings verlängert, die Elastizität desselben aber in nicht geringem Grade von der Turgeszenz des Parenchyms abhängt; die zweite umfasst diejenigen, bei denen das mechanische Element des verlängerten Stengels in einem starken Stereidengewebe besteht. Zu der ersten Gruppe gehören *A. coronaria* und *A. hortensis*, zu der zweiten beispielsweise *A. multifida* und *A. silvestris*, und ich habe in meiner Spridningsbiologi 305 die Zusammensetzung des starken Stereommantels der letzteren beschrieben. Cfr Fig. 12 und 13. Der zweiten Gruppe nahe steht *A. japonica*. Sie blüht jedoch im Spätherbst, und die Fruchtsammlungen der hohen verholzten Stengel können als Wintersteher überdauern (H. B. Münch. $19^{15}/_{3}03$). — Eine ganz besondere Abteilung der Gattung bildet *A. nemorosa*, der sich *A. appennina* und *A. ranunculoides* anschliessen. Im obigen habe ich nicht *A. nemorosa* unter den Myrmekochoren erwähnt, aber betont, dass künftige Untersuchungen ihr vielleicht unter jenen eine Stelle geben könnten. So viel ich jetzt ersehen kann, würde sie dann einen besondern Typus bilden, der dem *Hepatica*-Typus am nächsten stände; jener würde sich zu diesem verhalten wie etwa der *Puschkinia*-Typus zum *Viola odorata*-Typus und durch sein undifferenziertes Elaiosom gekennzeichnet sein, das in den spärlich Öl tragenden Zellen der Fruchtwand besteht. Die Fruchtwand besteht aus einem 2—3 Zellschichten mächtigen Assimilationsgewebe zwischen der äussern und der innern Epidermis. Letztere dient als schwache Hartschicht und ist von in der Längsrichtung der Frucht sich erstreckenden Zellen mit verholzten, von zahlreichen Poren durchzogenen Wänden gebildet. Die Zellen der äusseren Epidermis, zwischen denen zahlreiche Haare stehen, sind ungefähr wie das Assimilationsparenchym gebaut, wenn es auch weniger Chloroplasten und eine etwas verdickte Aussenwand hat, deren Cuticula schwach und dicht gerunzelt ist. Das Öl sowie kleine Stärkekörner finden sich spärlich in der äusseren Epidermis und dem darunterliegenden Assimilationsgewebe. Über die postfloralen Veränderungen im Vergleich mit denen von *A. silvestris* habe ich schon in meiner Spridningsbiologi, l. c., gesprochen. Hier will ich nur noch hinzufügen: Nach der Anthese biegt sich der Blütenstiel unmittelbar unter das Perinth, so dass, wenn dieses abfällt, die Karpellsammlung auch ferner noch mehr oder weniger abwärts gerichtet bleibt. Taf. II, Fig. 51. (Bei *A. silvestris* und den anderen ausgesprochenen Anemochoren ist der Stengel bei der Fruchtablösung ganz gerade.) Die Karpelle lösen sich schnell ab. Der Stengel ist, während sich die Blüte in der Anthese befindet, weder oberhalb noch unterhalb der Hüllblätter mit mechanischen Geweben versehen. In der Postfloration rüsten sich jedoch beide Partien mit einem zusammenhängenden Stereommantel aus, indem sich eine kleine Gewebepartie ausserhalb des Leptoms in nicht zugespitzte, bastähnliche Zellen mit verholzten Wänden differenziert und in dem dazwischenliegenden Parenchym Zonen von 1—3 Schichten Zellen verholzte und etwas verdickte Wände erhalten. Diese mechanischen Gewebe genügen jedoch nicht ganz, um den Stengel aufrecht zu halten, denn er sinkt nicht selten in den umgebenden Vegetationsteppich hinein. — Der Hauptsache nach verhält sich *A. ranunculoides* ebenso. Tafel II, Fig. 53. Ihre Beziehung zu der Ameisenwelt ist jedoch so gut wie fast gänzlich unerklärt; es liegt nur ein einziges Experiment vor (S. 185). — Der Blütenstiel von *A. appennina* biegt sich während der Postfloration ebenso wie der der beiden vorigen.

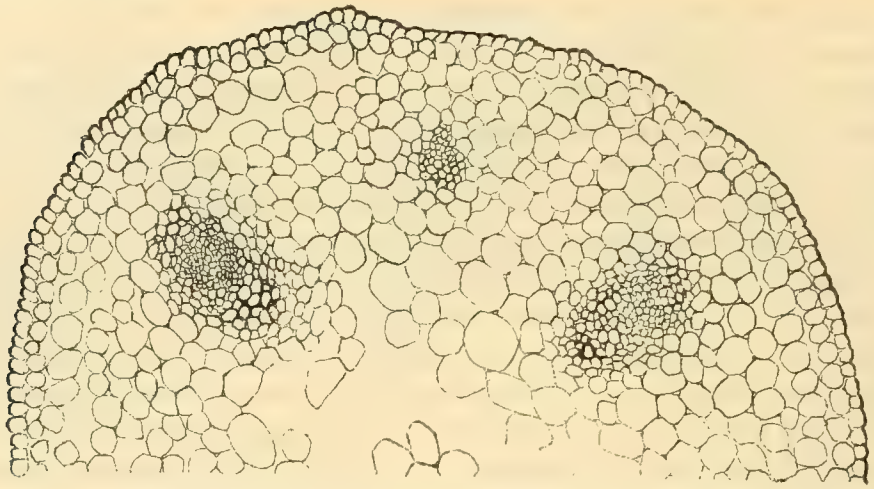


Fig. 14. *Hepatica triloba.* Uppland, Dalby, Laubwiese 19 $^{12}/_{5}$ 04. Querschnitt durch die Mitte eines Stengels. *Anthese* $\frac{107}{1}$.

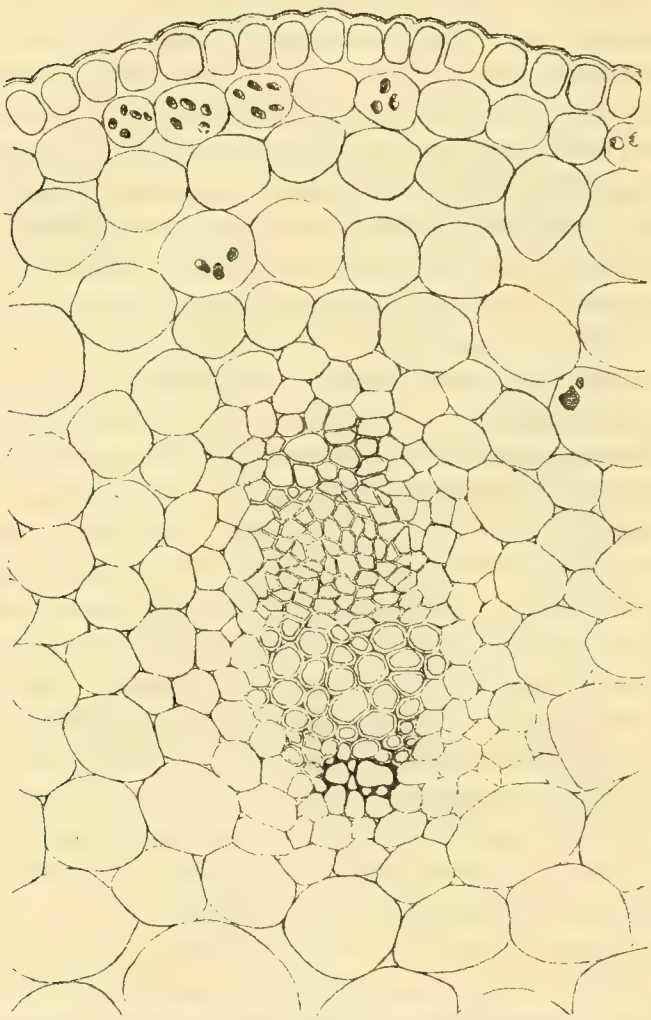


Fig. 15. *Hepatica triloba.* Detail des vorigen Schnittes. $\frac{300}{1}$.

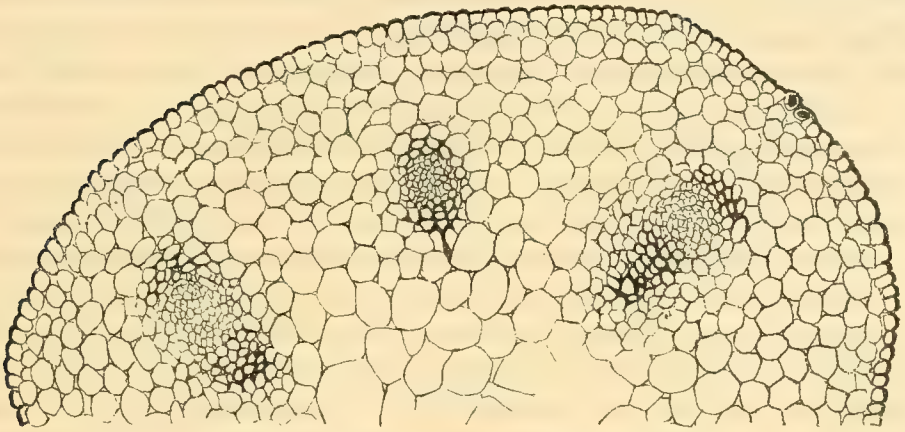


Fig. 16. *Hepatica triloba*. Uppland, Dalby, Lauhwiese 19 $^{12}/_{6}$ 04. Querschnitt durch die Mitte eines Stengels. *Postfloration*. $\frac{107}{1}$.

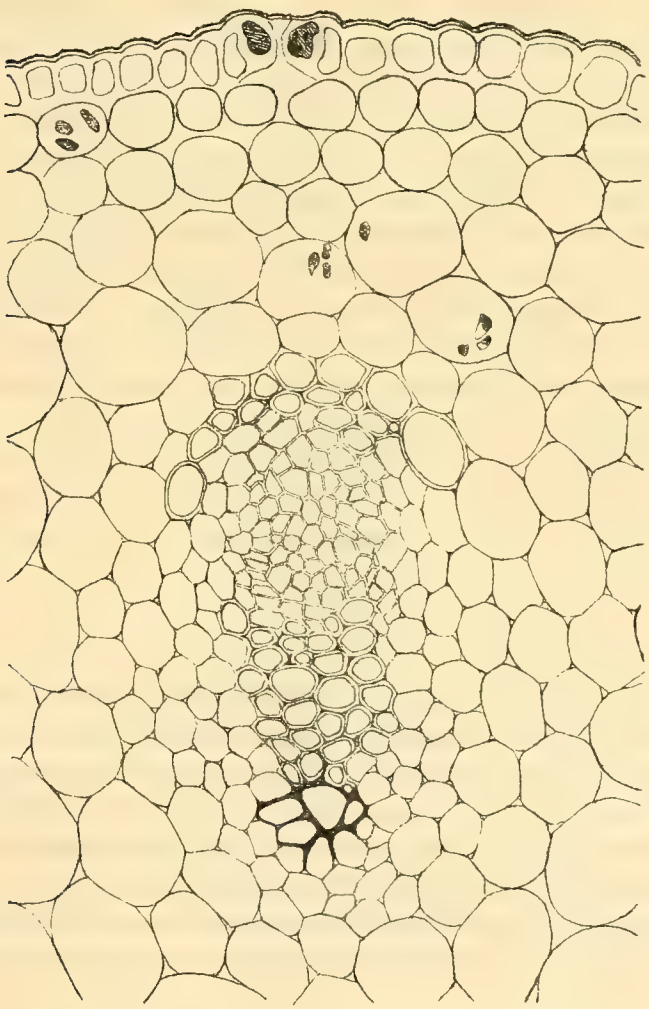


Fig. 17. *Hepatica triloba*. Detail des vorigen Schnittes. $\frac{800}{1}$.

Man könnte bei *A. nemorosa* mit einer gewissen Berechtigung von einer beginnenden Myrmekochorie und einer damit zusammenhängenden Umbildung von ursprünglich für Anemochorie oder Zoochorie entwickelten postfloralen Erscheinungen sprechen. Es lässt sich auch nicht leugnen, dass, wenn in einer Mutation der Ölgehalt der Karpelle potenziert und lokalisiert würde, eine solche Mutante in ihrer weiteren Entwicklung nur wenig Nutzen von ihrem postfloralen mechanischen Apparat haben würde. Die Materialersparnis, die durch den eventuellen Wegfall desselben in neuen Mutationen entstände, würde dieselben jedenfalls geschickt machen, mit der Mutterform den Kampf ums Dasein mit Erfolg aufzunehmen. Ich denke mir, dass *Hepatica*, deren Stengel jedenfalls aus einem kräftigeren, mit laubblattartiger Hülle versehenen herausdifferenziert sein dürfte, ihre Myrmekochorie und die damit in Beziehung stehenden Verhältnisse der Organographie und Postfloration in irgend einer derartigen Weise ausgebildet hat. Die Entwicklung des mechanischen Systems während der Postfloration ist wahrscheinlich als ein nahezu unnützes, funktionsloses Erbe zu betrachten. In der Anthese fehlen die mechanischen Elemente durchaus (Fig. 14 und 15), aber nach derselben entwickelt sich ein Stereommantel, dessen Beschaffenheit ich in meiner Spridningsbiologi 304 näher beschrieben habe (Fig. 16 und 17). Nur der unbedeutende Stereidenbeleg des Leptoms erhält verholzte Wände; die übrigen Teile des Mantels sind nur durch 1—2 Schichten Zellen zwischen Rinde und Mark angegeben, deren Wände etwas dicker werden als die der Nachbarzellen. Es lässt sich ja denken, dass das Leptom irgend welchen Nutzen aus seinem speziellen Stereidenbeleg zieht; der mechanische Mantel an und für sich ist dagegen nicht imstande, den Stengel aufrecht zu halten, da sein Parenchym nach der Postfloration seine Turgeszenz zu verlieren beginnt. Der über der Hülle befindliche Teil des Stengels verlängert sich etwas während der Postfloration. Dieses Stück macht nach dem Abfallen des Perianths zusammen mit einem kurzen Stückchen des der Hülle zunächst befindlichen unteren Stengelteiles eine Nutation wie bei *A. nemorosa*. Tafel II, Fig. 54. Die Hülle vergrössert sich ohne Verhärtung während der Postfloration, sie assimiliert weiter und umschliesst die Fruchtsammlung. Die einzelnen Hüllblätter können dann die Grösse von $13{,}5 \times 16$ mm erreichen. Wie schon oben gesagt worden, ist die Tachysporie deutlich und klar.

Die besonders die Myrmekochoren kennzeichnende Tachysporie ist übrigens ein nicht ungewöhnlicher Zug der Ranunculaceen. Unter den Anemochoren ist ausser den angeführten *Anemone*-Arten zu nennen *Myosurus minimus*, unter den Hydrochoren *Ranunculus sceleratus*. In der *Ranunculus*-Gattung gibt es übrigens bei recht nahestehenden Arten Unterschiede in der Dauer der Entleerung der Fruchtstände. *R. polyanthemos* ist bradyspor, und seine verholzten, recht elastischen Stengel sind oft winterständig.[1] Die relativ schwach gebauten Achsensysteme von *R. auricomus* und *R. cassubicus* dagegen verstärken sich in der Postfloration nur wenig. Sie welken auch bald nach der

[1] SERN., Spridningsbiologi 329.

im Hochsommer vollendeten Samenzerstreuung ab. Die Experimente (S. 186) weisen jedoch auf keine Myrmekochorie hin. Auf Laubwiesen, Djuphagen, Alsike, Uppland, hatten *R. auricomus* und *R. cassubicus* am 21. Juni 1901 die Stengel, deren meiste Blüten sich in der Postfloration befanden, von schon zu erschlaffen begonnen. Wenn sie am Boden lagen, — die Wurzelhalspartieen schienen die schwächsten zu sein — bog sich häufig die Fruchtsammlung aufwärts. Von einem gewissen Interesse ist die Erscheinung, dass eine Form wie *R. polyanthemos* meist offene Stellen liebt, während der eigentliche Standort der beiden letztgenannten der Schatten der Laubwälder und der Laubwiesen ist.

Papaveraceae.

Chelidonium majus.

Tachyspor, aber die Samenverbreitung dauert wegen der langen Entwicklungszeit der Infloreszenz ziemlich lange. Die Schotenkapseln sind beim Aufspringen turgeszent und man könnte hier von einer schwachen Explosivität sprechen, da die Valveln, nachdem sie sich an der Basis der Schote gelöst haben, hastig an den Nähten aufreissen und sich wegen der Ausdehnung der inneren Seite etwas zurückbiegen. Die Wand ist schwach gebaut, entbehrt mechanischer Verstärkungen; zwischen den dünnwandigen Epidermisschichten liegt ein lockeres Assimilationsgewebe. — Die Blütenstiele haben eine subepidermale einfache Schicht von etwas stereomatischen, aus dem Assimilationsgewebe entwickelten Zellen. Die Gefässbündel, um die sich die gegliederten Milchsaftröhren gruppieren, entbehren während der Anthese jeglicher mechanischen Elemente; während der Postfloration erhält das Leptom als lokale Verstärkung eine Stereomschiene.

Fumariaceae.

Corydalis.

Die Verbreitungsbiologie dieser Gattung schwankt recht sehr, und es hat für unseren Zweck ein gewisses Interesse zu sehen, wie sich die Strophiole in ihrer Entwicklung nach den verschiedenen Verbreitungsverfahren gerichtet hat.

Anemochorie. C. vesicaria ist eine Schlingpflanze mit grossen, eiförmigen, aufgeblasenen, in der Reife sehr leichten Kapseln, die ungeöffnet abfallen und als Bodenläufer vom Wind umhergetrieben werden. Samen *ohne* Nabelanhang. — Die Familie hat ein Seitenstück hierzu in *Adlumia fungosa*, die ebenfalls eine hohe Schlingpflanze mit bodenlaufenden Verbreitungseinheiten ist, deren eigentlicher Flotteur aber ein schwammiges trockenes Gewebe der Hüllblätter ist, die um die bei der Basis sich öffnenden Kapsel sitzen bleiben. Samen ohne Anhängsel. Fig. 18.

Autochorie. Bei *C. vaginata* sind die Kapseln in der Reife abwärtsgerichtet, aber auf dem hohen, aufrechten, turgeszenten Stengel gut exponiert. Fig. 19. Die

beiden Valveln lösen sich zuerst an der Spitze der Frucht, trennen sich in den Nähten sehr schnell voneinander und rollen sich etwas nach hinten, infolgedessen die Samen eine Strecke hinausgeschleudert werden. Tafel I, Fig. 32. Letztere haben eine schwach entwickelte, elaiosomartige Strophiole. Tafel I, Fig. 33.

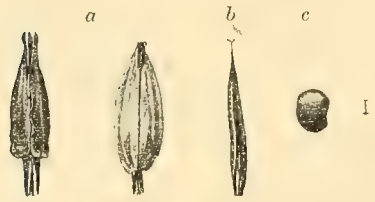


Fig. 18. *Adlumia fungosa* H. B. U. $19^{16}/_{9}03$. *a*) Verbreitungseinheiten $\frac{1}{1}$, *b*) Isolierte Kapsel $\frac{1}{1}$, *c*) Samen $\frac{3}{1}$.

Fig. 19. *Corydalis vaginata* H. B. U. $19^{21}/_{10}01$. Teil eines Fruchtstandes kurz vor dem Aufspringen der Kapseln $\frac{1}{1}$.

Myrmekochorie. Es liesse sich wohl fragen, ob nicht die Stammformen der hierhergehörigen Arten sich aus Explosiven von dem Typus der vorhergehenden entwickelt haben. Wenigstens geschieht das Öffnen der Kapseln einigermassen gleichartig, wenn sich auch kaum sagen lässt, dass ein Ausschleudern der Samen stattfindet. Die Klappen trennen sich schnell voneinander und machen eine schwache Rückwärtsbiegung. Ihr Bau stimmt auch nahezu mit dem der Klappen von *C. vaginata* (und von *Chelidonium majus*) überein: ein von einigen feinen Gefässsträngen ohne mechanische Verstärkungen durchzogenes und zwischen zwei Epidermisschichten mit wenig verdickten Zellwänden liegendes Assimilationsgewebe. Einen oder einige Tage nach dem Öffnen der Kapsel sind sie gänzlich verwelkt. Bei *C. pumila* und in geringerem Grade bei *C. capnoides* und *C. laxa* sind die inneren Epidermiszellen wie bei *C. vaginata* an der Aussenwand mit Papillen ausgerüstet. Die Bauchnähte sind mit einigen Stereiden verstärkt.

In bezug auf den Stiel und die durch denselben vermittelte Exposition der Kapseln zerfallen die Myrmekochoren in zwei Gruppen: die erste hat hohe kletternde, die zweite während der Anthese aufgerichtete, während der Postfloration schlaffe Sprosssysteme.

Zu der ersten Gruppe gehören *C. capnoides* und *C. claviculata*. Eine schwache Verbreitung durch den Wind ist hier wegen der Höhe der Früchte über den Boden beim Aufspringen nicht ausgeschlossen. — Die Elaisome sind klein und die Myrmekochorie (vgl. die Experimente!) nicht so ausgeprägt wie in der folgenden Gruppe. Tafel I, Fig. 28.

Zu der zweiten Gruppe rechnen wir zunächst *C. cava*, *fabacea*[1], *laxa* und *pumila*.

[1] Über diese Art findet sich näheres in SERN., Spridningsbiologi 309.

Der kurze Stengel ist sowohl während als auch nach der Anthese ohne mechanische Gewebe, wenn man nicht als solche die Epidermis mit ihren langen, an den Enden zugespitzen Zellen rechnet. Der anatomische Bau ist im übrigen dem der Grundblattstiele sehr ähnlich. Sowohl Stengel als auch Blätter sinken in der Postfloration, während gleichzeitig ihre Turgeszenz schnell abnimmt, zu Boden. Die Tachysporie ist sehr ausgeprägt, und wie oben hervorgehoben, haben wir in dieser Gruppe die ersten myrmekochoren Samen, die bei uns während der Vegetationsperiode den Ameisen zu Gebote stehen. Für *C. fabacea* aus Skåne führt N. Lilja[1] an, dass sie 1868 am 29. März zu blühen begonnen, und am 13. April Früchte getragen. Die Samenverbreitung selbst geht schnell, und später im Sommer findet sich von diesen *Corydalis*-Arten kaum eine Spur mehr über dem Boden. — Die groben und hohen Sprosse von *C. nobilis* weichen, wie ich in meiner Spridningsbiologi 306 geschildert habe, durch die Gegenwart mechanischer Elemente ab, und zwar bereits während der Anthese. Diese bestehen aus zerstreuten, nahe der Epidermis oder direkt darunter liegenden Kollenchymrippen mit schwach verstärkten Zellenwandecken und aus von dem Rinden- und Markparenchym wenig differenzierten, schwachen mechanischen Strängen, die der Aussen- und Innenseite der zerstreuten, aber grossen Gefässbündel entlang gehen. Wenn die unteren Kapseln gereift sind, erschlaffen Stengel und Blätter. Trotz der abnehmenden Turgeszenz vermögen jedoch die Stengel wegen dieser mechanischen Verstärkungen gewöhnlich bis zum Ende der Samenverbreitung die Infloreszenzen ein Stück über dem Boden zu halten. — Diese Gruppe hat grosse, schöne Elaisome, und die Myrmekochorie ist ausserordentlich schön und deutlich. Tafel I, Fig. 29—30.

Fumaria. Tafel II, Fig. 61, 62, 64 & 65.

Wie bereits oben angedeutet, zeigen die Experimente mit den *Fumaria*-Arten, die ich Gelegenheit hatte zu untersuchen, eine stärkere Myrmekochorie bei *F. spicata* als bei *F. capreolata* und *F. officinalis*, welche beide als die Vertreter einer ganzen Gruppe von anderen Arten der Gattung anzusehen sein dürften. In voller Übereinstimmung hiermit konnte ich zeigen, dass die Elaiosome von *F. spicata* deutlicher waren als die der anderen. Die folgende Untersuchung der anatomischen Charaktere und der postfloralen Entwicklung deutet auch darauf hin, dass die den ausgeprägtesten Myrmekochoren so typischen Reduktionserscheinungen bei *F. spicata* am stärksten sind.

Die Blüten sitzen in Trauben. Bei der *F. capreolata*-Gruppe verlängern sich sowohl ihre Stiele, bis die letzte Blüte das Stadium der Postfloration erreicht hat, als auch der Rhachisteil selbst in dem Masse, wie die Blüten aus dem Knospenstadium heraustreten, bis die Fruchtreife eintritt. Hierdurch wird die Windexposition vermehrt, die bei *F. capreolata* und *F. officinalis*, von denen jene meistens und diese nicht selten kletternde Sprosssysteme hat, recht bedeutend sein kann. Die Sprosssysteme von *F. spicata* sind niedrig und niemals kletternd. Auch verlängert sich die Rachis während der Postfloration nicht.

[1] Skånes Flora, p. 505.

Die *Fumaria*-Arten sind Tachysporen. Bei *F. spicata* tritt die Tachysporie besonders deutlich nicht nur in der Fruchtablösung der Blüte sondern auch in der Infloreszenz und dem ganzen Individuum hervor. Wenn man für die *Fumaria*-Blüte annimmt, dass die eigentliche Postfloration ein paar Tage vor dem Abfallen der Staubblätter, des Griffels und der Hüllblätter beginnt, so bedarf es doch bei *F. spicata* nur 3—9 Tage, um nach Schluss der Anthese einen Fruchtknoten sich in eine Frucht verwandeln und diese sich ablösen zu lassen. Und die ganze Infloreszenz setzt nach dem Ausschlagen der ersten Blüte in etwa 2 Wochen Frucht, während wenigstens im Süden von Europa, auf den sich alle diese Angaben beziehen, die Individuen am Ende des Frühlings zu blühen beginnen und im Laufe des Vorsommers vollständig vertrocknen. Für *F. capreolata* und *officinalis* stellen sich die entsprechenden Zahlen recht verschieden. Die von dem Eintritt der einzelnen Blüte in die Postfloration bis zur Fruchtablösung verfliessende Zeit beträgt 13—32 Tage, die ganze Infloreszenz braucht von der Anthese der ersten Blüte bis zur Ablösung der letzten Frucht ungefähr anderthalb Monate zu ihrer Entwicklung. Für die Bestimmung der Lebensdauer des Individuums nach dem Beginn der Blüte besitze ich nicht Material genug. Aber beide Arten beginnen viel früher zu blühen als *F. spicata*, und wenn diese allgemein zu welken anfängt, stehen Exemplare der ersteren, deren erste Blüten ihre Anthese vielleicht im März begonnen haben, noch frisch mit knospenden Infloreszenzen da. — Um diese Unterschiede in der Entwicklung der Blüte und der Infloreszenz zu exemplifizieren, seien hier die 3 Tabellen S. 293—295 mitgeteilt.

Über die Postfloration ist übrigens zu bemerken, dass die Blütenstiele von *F. capreolata* und schwächer die von *F. spicata* gegen das Ende der Anthese sich im Bogen nach unten kehren und dass dieser Bogen dauernd bestehen bleibt. An Blumenstielen von *F. capreolata*, die ich samt der ganzen Infloreszenz eines Exemplars sofort nach der Entstehung dieses Bogens in verkehrter Stellung fixierte, habe ich eine wahrscheinlich durch positiven Geotropismus bedingte Rückwärtsbiegung hervorgerufen, wodurch sie horizontal, jedoch meistens mit einer dauernden proximalen Biegung, ausgestreckt blieben. (H. B. Pan. Frühling 1903.)

Wegen der kürzeren Zeit, die die Blüten- und Infloreszenzachsen zu fungieren haben, sind sie bei *F. spicata* schwächer gebaut als bei *F. officinalis*, und die postfloralen Veränderungen, die zwar auch bei dieser Art keine grösseren Dimensionen annehmen, sind bei jener noch unbedeutender. Untersucht man z. B., während die Blüten sich in der Anthese und im Knospenstadium befinden, die Infloreszenzachse selbst, so findet man bei keiner von ihnen eigentliche stereomatische Gewebe. Wenn dann das Fruchtverbreitungsstadium beginnt, entwickeln sich bei *F. officinalis* aus demjenigen Meristem, das sich dem Leptom nahe anschliesst, mehr oder weniger kräftige Bastbelege, während dieselben bei *F. spicata* noch immer fehlen, wenn sie auch an dem Leptom der Achse ein wenig unter der untersten Blüte zur Ausbildung gelangen.

Fumaria capreolata: Entwicklung einer Infloreszenz.

H. B. Pan., Frühling 1903. Die Blüten von dem Distalende der Infloreszenz numeriert.

	$^{6}/_{4}$	$^{8}/_{4}$	$^{14}/_{4}$	$^{17}/_{4}$	$^{23}/_{4}$	$^{4}/_{5}$	$^{8}/_{5}$	$^{11}/_{5}$	$^{14}/_{5}$	$^{16}/_{5}$	$^{17}/_{5}$
1)	Knospe	Knospe	Anthese, Stiel nach oben gerichtet.	Anthese, Stiel nach unten gerichtet.	Postfloration, Stiel nach unten gerichtet, die ganze Hülle übrig.	Hülle abgefallen [1])	Hülle abgefallen.	Hülle abgefallen.	Hülle abgefallen.	Hülle abgefallen.	Frucht abgefallen.
2)		»	»	»	»	Hülle noch übrig.		»	»	»	»
3)		»	Abgefallen.	—	—	—				—	—
4)		»	Anthese, Stiel horizontal.	Wie 1)	Wie 1)	Wie 1)	Wie 1)	Wie 1)	Wie 1)	Frucht abgefallen.	—
5)		Anthese, Stiel nach oben gerichtet.	Postfloration, Stiel nach unten gerichtet, alle Hüllblätter noch geblieben.	Postfloration, Stiel nach unten gerichtet, alle Hüllblätter noch geblieben.	»		»	»	»	»	
6)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
7)	»	»	»	»	»	»	»	»	Frucht abgefallen.		
8)	Anthese, Stiel nach oben gerichtet.	»	»	»	»	»	»	»	»	—	—
9)		»	»	»	»	»	»	»	»	—	—
10)	»	»	Abgefallen.	»	—	—			—		—
11)	»	Anthese, Stiel horizontal.	Wie 5)	»	Postfloration, ein Kelchblatt nochgeblieben	Wie 1)	Wie 1)	Wie 1)	Wie 1)		—
12)	»	»	»	»	»	»	»	»			
13)	»	»	»	»	»	»	»	»	»		
14)	»	»	»		»	»	»	»	»		
15)	»	Postfloration, Stiel nach unten gerichtet, alle Hüllblätter noch geblieben.	»	Postfloration, Hülle abgefallen. 1)	Die ganze Hülle abgefallen.	»	»	»	»	—	
16)	»	»	»	»	»	»	»	Frucht abgefallen.	—	—	
17)	»	»	»	»	»	»	»	»	—		
18)	Anthese, Stiel horizontal.	»	»	»	Frucht abgefallen.	—					

[1]) 1 2 Kelchblätter noch übrig.

Fumaria officinalis: Entwicklung einer Infloreszenz.

H. B. Pan., Frühling 1903. Die Blüten von dem Distalende der Infloreszenz numeriert.

	6/4	8/4	14/4	17/4	23/4	4/5	8/5	11/5
1)	Knospe	Knospe	Anthese.	Postfloration, Hülle noch geblieben.	Postfloration, Hülle abgefallen.	Postfloration, Hülle abgefallen.	Postfloration, Hülle abgefallen.	Frucht abgefallen.
2)	»	»	»	»	»	»	»	»
3)	»	»	»	»	»	»	Frucht abgefallen.	»
4)	»	»	Postfloration, Hülle noch geblieben.	Postfloration, Hülle abgefallen.	»	»	»	
5)	»	»	»	»	»	»		
6)	»	»	»	»	»	»	»	»
7)	»	»	»	»	»	»	»	»
8)	»	Anthese	»	»	»	»	»	»
9)	»	»	Postfloration, Hülle abgefallen.	»	»	»	»	»
10)	»	»	»	»	»	»	»	»
11)	»	»	»	»	»	Frucht abgefallen.	»	»
12)	»	»	»	»	»	»	»	»
13)	»	»	»	»	»	»	»	»
14)	»	»	»	»	»	»	»	»
15)	»	»	»	»	»	»	»	»
16)	»	»	»	»	»	»	»	
17)	Anthese	»	»	»	»	»	»	»
18)	»	»	»	»	»	»	»	»
19)	»	»	»	»	»	»	»	»
20)	»	»	»	»	»	»	»	»
21)	»	»	»	»	»	»	»	»
22)	»	»	»	»	»	»	»	»
23)	»	»	»	»	»	»	»	»
24)	»	Postfloration, Hülle noch geblieben	»	»	»	»	»	
25)	»	»	»	»	»	»	»	»
26)	»	»	»	»	»	»	»	
27)	»	»	»	»	»	»	»	»
28)	»	»	»	»	»	»	»	»
29)	»	»	»	»	»	Verkümmerte Frucht noch übrig.	»	»
30)	»	»	»	»	»	Frucht abgefallen.	»	

Fumaria spicata: Entwicklung einer Infloreszenz.

H. B. Pan., Frühling 1903. Die Blüten von der Distalende der Infloreszenz numeriert.

	$^{8}/_{5}$	$^{11}/_{5}$	$^{14}/_{5}$	$^{17}/_{5}$
1)	Knospe.	Knospe.	Knospe.	Postfloration.
2)				
3)	»	»	»	
4)	»	»	Anthese.	Frucht abgefallen.
5)	»	»	Postfloration.	
6)	»			
7)	»	Anthese.		
8)				
9)	»	Postfloration.		
10)				
11)	Anthese			
12)	Postfloration.			
13)				
14)				
15)				

Resedaceae. Tafel VIII.

Die Mehrzahl der Arten der Gattung *Reseda* dürfte wohl anemochor sein. Bei denjenigen, von denen ich es habe konstatieren können, — *R. alba*, *glauca*, *lutea* und *luteola* (Tafel VIII a, b und c) — sind ausserdem sowohl die Infloreszenzen als auch die Kapseln bradyspor gewesen. Nach der Anthese biegen sich die Blütenstiele so, dass sich der Fruchtknoten mehr oder weniger nach aussen — unten richtet; gegen das Ende der Postfloration aber richtet er sich wieder auf, da die Blütenstiele dieselbe aufgerichtete Stellung, die sie in dem Knospen- und dem Anthesenstadium hatten, wieder einnehmen, infolgedessen die Samen nur bei stärkerem Schütteln des ballistischen Stengels ausportioniert werden können. Die Entwicklung vom Knospenstadium bis zur Fruchtreife dauert eine geraume Zeit, während der sich die noch immer orthotrope Infloreszenzachse, je nach der Entwicklung der Blüten, verlängert und verstärkt und eine hohe ballistische Kraft erlangt. Der Teil der Achse, an dem die in der Postfloration und in der Fruchtreife begriffenen Blüten sitzen, wird bald sehr lang im Verhältnis zu dem, der mit den im Knospenstadium und in der Anthese befindlichen besetzt ist. Wir nehmen als Beispiel die Längenverhältnisse der Gipfel-Infloreszenz eines kräftigen Stengels von *R. luteola* mit drei floralen Nebenachsen unterhalb derselben (H. B. Monsp. $19^{5}/_{6}02$):

Gesamtlänge der Infloreszenz	64 cm
Partie mit Blüten im Knospenstadium	6
» » » in der Anthese	6
» » Postfloration mit abwärtsgebogenen Fruchtknoten	22
» » » » » » aufgerichteten Fruchtknoten	32
» unterhalb der Infloreszenz	66
Gesamtlänge des Stengels	132

Bei *R. odorata* und *R. Phyteuma* (Tafel VIII d und e) sind die Infloreszenzachsen adscendent. Der Umbiegungspunkt fällt mit der Stelle der in beginnender Postfloration befindlichen Blüten zusammen. Die Fruchtknoten bleiben oft nach der ersten postfloralen Biegung abwärtsgerichtet und die Samen fallen unmittelbar auf den Boden. Die Kapseln sind weiter und die Öffnung ist grösser als bei den vorerwähnten Arten. Die Samenverbreitung ist, wenn man die einzelnen Kapseln berücksichtigt, tachyspor, was aber von der Infloreszenz im Ganzen kaum gesagt werden kann. Die mechanische Verstärkung der floralen Achsen und der Kapsel selbst ist während dieser Ausbildung schwächer als bei den anemochoren Arten. Vergleichen wir z. B. den Bau der Kapselwand von *R. lutea* mit dem von *R. Phyteuma*, so finden wir folgende Unterschiede.

Unter der Plazenta ist bei der ersteren Art eine in der Längsrichtung der Kapsel verlaufende, den Leptomelementen sich anschliessende, recht mächtige Stereomschiene vorhanden. Quer gegen ihre Flanken liegt ein bis zu 6 Zellen mächtiges Stereomgewebe, das mit der Schicht von 1—3 gleichfalls quergestellten Stereiden zusammenhängt, die unter der Epidermis der Innenseite liegen. Letztere ist dickwandig mit grossen, kräftigen, papillösen Vorsprüngen. Die Stereiden haben verholzte Wände.

Bei *R. Phyteuma* fehlt die Stereomschiene sowie auch das quergestellte Stereomgewebe. Von entwicklungsgeschichtlichem Gesichtspunkte aus ist es interessant zu sehen, dass unter der Epidermis der Innenwand, die schwächer ist als bei der vorhergehenden Art und nicht papillös, eine nicht vollständig zusammenhängende Schicht von Zellen vorhanden ist, die ähnlich wie bei der vorigen Art gestreckt sind, aber nur schwach verdickte, nicht verholzte Wände haben. Ohne Zweifel handelt es sich hier um ein reduziertes Organ.

Die myrmekochoren *Reseda*-Arten haben sich auch jedenfalls aus anemochoren entwickelt. Vielleicht ist jedoch eine autochore, noch nicht myrmekochore Entwicklungsserie, deren Hauptverbreitungsmittel der Samenabfall von niederliegenden Achsen war, eingeschaltet gewesen. Wenigstens steht *R. odorata* auf dem Übergange zu einem solchen Typus. Ihre Samen streuen sich bei Individuen, deren florale Achsen sich frei ausbreiten können, über eine nicht geringe Fläche. Die Myrmekochorie ist auch, wie die Experimente zeigen, nicht sehr kräftig und die Elaiosome haben wegen des Schleimgehaltes ihrer Zellen eine wichtige Nebenfunktion, indem sie die Samen den umgebenden Erdpartikeln ankleben.

Rosaceae.

In drei Gattungen, *Aremonia*, *Potentilla* und *Waldsteinia*, ist es mir gelungen Myrmekochorie zu entdecken.

Bei *Aremonia agrimonoides*, der einzigen Art der Gattung, entspringen dem in kurze, adscendente Sprosse verzweigten Erdstamme grosse, aufrechte Blätter. In den Achseln derselben stehen vegetativ-florale Sprosse, die unter diesen Blättern fast liegen bleiben und eine Länge von etwa 20 cm erreichen. Die Infloreszenz hat nur wenige Blüten. Die Deckblätter sind zu einer oben viellappigen Hülle verwachsen. Tafel. III, Fig. 90. Was die Funktion derselben betrifft, kann ich

der Auffassung FOCKES[1] nicht beitreten: »In einzelnen Fällen sind die reifen S. nicht nur vom Frb. und von der Blütenachse umschlossen, sondern sie besitzen noch eine dritte Hülle, nämlich ein aus verwachsenen Deckbl. gebildetes Flugorgan (bei *Aremonia*, *Spenceria*)». Die Postfloration und die Konstituierung der Verbreitungseinheiten verläuft nämlich folgendermassen: Während der Postfloration verwelken Kronen- und Staubblätter. Der Kelch schliesst sich um die Mündung des urnenförmigen Fruchtbodens zusammen, welcher nebst der eingeschlossenen Nuss heranwächst und mit dieser eine tonnenförmige Scheinfrucht bildet. Die Blütenachse zwischen der Deckblatthülle und der eigentlichen Scheinfrucht wächst gleichfalls und entwickelt sich zu einem eiförmigen behaarten Elaiosom. Die in dieser Art zusammengesetzte Verbreitungseinheit trennt sich bald von der Hülle, die fest sitzen bleibt. Während der Postfloration hat die Hülle an Grösse zugenommen und reicht, wenn die Verbreitungseinheit völlig ausgewachsen ist, hoch über dieselbe. Sie hat sowohl in dem ungeteilten Basalteil als auch in den Lappen ein kräftiges Assimilationsgewebe. Die floralen Achsen selbst sind recht kräftig; dicht unter der Hülle liegt ein stereomatischer Hohlzylinder, 3—4 Zellenschichten stark, in unmittelbarem Anschluss an den zentrierten Gefässbündelzylinder.

In der Gattung *Potentilla* wird wohl Anemochorie die allerhäufigste Verbreitungsweise sein. Ausserdem sind diese Anemochoren öfter entschieden bradyspor, weshalb, insofern es sich um die europäische Vegetation handelt, mehrere von den Arten der Gattung, wie ich in meiner Spridningsbiologie dargelegt habe, als Wintersteher auftreten. In der erwähnten Schrift habe ich auch nachgewiesen, dass bei ihnen die Arretierung der Früchte in einer biologischen Kapsel erfolgt, deren Aussenwand durch den um den nicht selten ausgeschwollenen Fruchtboden (cfr. z. B. *P. palustris*) geschlossenen innern und äussern Kelch gebildet wird. Wenigstens vom Ende der Postfloration an bleiben die Blumenstiele aufrecht. Das ganze Achsensystem der Infloreszenzen ist wegen Verholzungsprozesse entschieden ballistisch. Als solche Wintersteher verdienen folgende erwähnt zu werden: *P. argentea*, *collina*, *palustris*, *recta* (München, Hort. Bot. $19^{15}/_{3}03$), *reptans* und *Tormentilla*. Einige andere anemochore Typen sind mehr tachyspor. Auf der Grenze der Wintersteher liegt *P. rupestris*, deren Infloreszenzen gewöhnlich bei der Ankunft des Winters geleert sind. Bei dieser Art bleiben die Blumenstiele während der ganzen Postfloration aufrecht wie in der Anthese. Sowohl Aussen- wie Innenkelchblätter biegen sich aufwärts und einwärts, um die vertrockneten Korollenblätter, welche anfangs über die Spitze der Kelchblätter hervorragen, die Staubblätter und den heranwachsenden Fruchtboden mit seinen Fruchtanlagen zu umschliessen. Die mit einem sehr kleinen weissen Anhang versehenen Früchte sind klein und werden langsam durch die Spitze der in der angegebene Weise entstandenen Porenkapsel hinausgeschüttelt. Der Stiel ist sehr elastisch. Deutlich tachyspor ist dagegen *P. thuringiaca*. Die Blütenstiele verhalten sich wie bei *P. rupestris*. Die Lappen des Aussen- und des Innenkelches wachsen heran. Nur die letzteren biegen sich um die auswachsenden Fruchtknoten. Die

[1] Rosaceae p. 9. ENGLER & PRANTL, Pflanzenfamilien.

Kronblätter fallen schnell ab, die Staubblätter aber bleiben stark geschrumpft noch sitzen. Beim Heranwachsen des Fruchtbodens biegen sich die Kelchlappen nach aussen und bilden einen offenen Korb, in den die Früchte bald von ihrem Boden herunterfallen und aus dem sie bei der geringsten Bewegung des Stengels ausgeschüttelt werden. Die Zeit vom Ende der Anthese bis zur Fruchtverbreitung scheint bei den einzelnen Blüten sehr kurz zu sein. Am 20. Juli 1903 befand sich die Pflanze im H. B. U. in Postfloration und reicher Fruchtverbreitung. — Nicht selten findet man an der Basis der Karpelle von *Potentilla* eine Anschwellung der Fruchtwand. In den meisten Fällen sind die Zellen hier trocken und luftführend und mögen vielleicht im Dienste der anemochoren Verbreitung stehen. Am schönsten entwickelt habe ich dieses Gewebe an *P. paradoxa* NUTT. gefunden. Hier ist der Basalteil der Fruchtwand zu einer Bildung von derselben Grösse wie der übrige Teil der Frucht ausgewachsen. Die Hauptmasse desselben besteht aus dem angeschwollenen Mesocarpium, dessen Zellen parenchymatisch, klein, sehr dünnwandig und von Luft gefüllt sind.

Diese Tendenz zu Anschwellungen der Fruchtbasis hat bei einer Art, *P. alba*, dadurch Gestalt genommen, dass sie zu einem Elaiosom von dem oben beschriebenen Bau ausgebildet ist. Damit ist auch die postflorale Entwicklung des fruktifikativen Systems neue Bahnen eingeschlagen, in denen aber der anemochore Stammtypus noch deutlich erkennbar ist. — Von dem stark verzweigten Erdstamm gehen grosse Blätter mit 5fingrigen Scheiben an 15—25 cm langen Stielen aus. Fig. 20. In ihren Achseln sitzen (vegetativ-)florale Sprosse, die, wenn sie während der Anthese der Blüten aufrecht stehen, die Höhe der umgebenden Blättermasse erreichen. An der kräftigeren sitzt einige cm über den Insertionspunkten ein Stengelblatt mit kurzgestielter und 3fingriger Scheibe. Die Infloreszenz hat nur wenige Blüten — 3—6. Die Blüten haben Deckblätter mit stengelblattartiger, 3fingriger Scheibe. Die Blumenstiele sind sehr lang, oft unter der Mitte mit zwei kleinen lanzettenförmigen Vorblättern versehen. Die Blüten haben während der Anthese sowohl den Kelch als auch die grosse weisse Krone ganz offen. Während der Postfloration wachsen sowohl Aussen- als Innenkelch heran, und es schliesst sich jener erstere schwächer, dieser stärker um den Fruchtboden. Letzterer, der behaart und (wenigstens im H. B. Amst. 19^{6}/$_{6}$03) mit zahlreichen, sterilen Stempeln versehen ist, wächst etwas, doch nicht so stark wie bei den anemochoren *Potentilla*-Arten. Unmittelbar unter dem Kelche macht der Blumenstiel eine karpotropische Biegung. Gleichzeitig beginnt er zu erschlaffen, und wenn alle Blüten der Infloreszenz das postflorale Stadium erreicht haben, hat die ganze Infloreszenzachse ihre Turgeszenz so verloren, ohne sich wie die anemochoren Arten ballistisch zu verstärken, dass sie am Boden oder unter den Blättern zu liegen kommen. Der während der ganzen Postfloration grüne und assimilierende Kelch beginnt, wenn sich die Früchte ablösen und zwischen den Kelchzipfeln, die sich immer mehr auswärts gebogen haben, herausfallen, gelb zu werden und zu schrumpfen. Deutliche Tachysporie.

Wegen ihrer postfloralen Erscheinungen und des Anhanges ihrer Früchte verdient *P. fragariastrum* näher untersucht zu werden. In der Postfloration fallen die

Fig. 20 *Potentilla alba.* H. B. Amst. $19^{6}/_{6}03$. Individuum in beginnender Fruchtverbreitung. Vermindert.

1—2 blütigen, kurzen Stengel zu Boden. Die Früchte sind an der Basis mit einem *weissen, behaarten* Anhang versehen, der ungefähr dasselbe Aussehen hat wie der von *P. alba.*

Waldsteinia geoides. Die Blüten befinden sich in der Anthese an ihren mehr oder weniger aufrechten Stielen, teils unter, teils im Niveau mit und teils einige cm über den grossen langgestielten Basalblättern. Während der Entwicklung in dem dichten Gewirre der Blätter und der Infloreszenzachsen werden mehrere von diesen, die sonst aufrecht sind, gezwungen, sich in spitzen Winkeln gegen den Boden zu stellen. Die Blütenstiele biegen sich dann, wenn sie sich in der Anthese befinden, aufwärts, aber nicht, wenn sie schon in die Postfloration eingetreten sind. Während dieser fallen zuerst die Kronblätter, dann die Griffel und zuletzt die Staubblätter ab. Kelchzipfel und Blütenboden wachsen weiter und bilden eine weitgeöffnete Schale, die sich durch eine bogenförmige Biegung des Blütenstieles schräg nach unten richtet. Die Kelchzipfel enthalten zwischen den beiden Epidermisschichten ein lockeres Assimilationsgewebe; längs den Leptomteilen der Gefässbündel liegen schwache Stereomschienen. Die Früchte reifen sehr schnell und fallen gleichzeitig mit oder vor den Staubfäden ab. Im Jahre 1905 hatte im H. Berg. der Fruchtabfall am 21. Juni eben angefangen. Nach den Erfahrungen weniger Jahre (1903—1905) im H. B. U. und im H. Berg. sowie in Christiania (1904) zu urteilen, ist die Fruchtbildung sehr schlecht.

Polygalaceae.

Die Gattung *Polygala* ist eine von den wenigen bisher bekannten Gattungen, die myrmekochore Arten mit verholzten Achsensystemen besitzt. Doch erstreckt sich die Verholzung bei den zwei Arten, die in dieser Beziehung der Gegenstand meiner Untersuchungen waren, *P. monspeliaca* und *P. vulgaris*, nicht bis in die Infloreszenz selbst, deren Achse recht schwach, aber während der ganzen Verbreitungsperiode mehr oder weniger aufrecht ist. Zwischen der Anthese jeder einzelnen Blüte und ihrem Abfallen als Verbreitungseinheit liegt eine recht kurze Zeit. Da jedoch die Infloreszenz zahlreiche Blüten enthält und verhältnismässig wenige sich zu gleicher Zeit in der Anthese befindet, dauert die völlige Entleerung derselben recht lange. Keine von den genannten Arten ist jedoch zu den eigentlichen Bradysporen zu rechnen, Die Kapselwand ist wie der Blütenstiel schwach gebaut.

Wahrscheinlich ist die Myrmekochorie in der Familie sehr häufig. Eine sehr grosse Anzahl dieser Arten ist mit Samenanhängen versehen, von denen mehrere zu Elaiosomen ausgebildet sein dürften.

Euphorbiaceae.

Die beiden Gattungen dieser Familie, in denen sich Myrmekochoren finden, sind *Euphorbia* und *Mercurialis.* Beide sind mit Früchten versehen, die die erste Entfernung der Samen von der Mutterpflanze durch Explosion besorgen. Wie bei einer

Menge anderer Explosiven sind auch hier die Früchte in der Reife aufrecht (Tafel III, Fig. 102), und die Samenausstreuung jedes einzelnen Individuums erfolgt in verhältnismässig kurzer Zeit (vgl. den speziellen Teil!). Die postflorale Ausbildung ist offenbar in inniger Beziehung mit dieser Verbreitungsweise durchgeführt und ladet daher nicht zu weiterer Behandlung in diesem Zusammenhange ein. Bemerkenswert ist, wie bei der vorhergehenden Familie, das Vorkommen einiger myrmekochoren Lignosen.

Von der Phylogenie der Elaiosome ist zu bemerken, dass die eigentümliche Anschwellung der Caruncula und der benachbarten Teile des Samens, die die beiden Gattungen auszeichnet, sich bei vielen anderen Gattungen der Familie wiederfindet.

Violaceae.

Viola. Die Myrmekochoren dieser Gattungen gehören zu zwei verschiedenen Typen: dem *Viola odorata*- und dem *Euphorbia*-Typus. Wie ich in dem folgenden zu beweisen suchen werde, haben sich diejenigen, die dem ersteren Typus angehören, aus Vertretern des letzteren entwickelt.

Die Vertreter des *Euphorbia*-Typus besitzen in ihrer postfloralen Entwicklung alle Charakterzüge, welche im allgemeinen die Explosiven auszuzeichnen pflegen. Die floralen Achsen sind zur Zeit des Aufspringens der Kapseln ebenso wie diese selbst grade aufwärts gerichtet; die Klappen, mittels deren das Aufspringen von statten geht, biegen sich im rechten Winkel gegen den Blütenstiel und drücken die Samen grade oder etwas schräg nach oben. Die Tachysporie ist deutlich und ausgesprochen auch bei Arten, die, wie *V. mirabilis*, eine Generation chasmogamer Frühlingsblüten und eine Generation kleistogamer Sommerblüten haben.

Die Vertreter des *Viola odorata*-Typus haben eine von derjenigen der vorigen sehr abweichende postflorale Entwicklung. Die Stengel fallen, nachdem die einzige Blüte, die sie tragen, ihre Anthese vollendet hat, in kurzer Zeit zu Boden. Die Kapseln öffnen sich — zunächst kraft des Druckes der mit grossen Elaiosomen versehenen Samen — mittels dreier Klappen wie die vorigen, aber die Samen fallen ohne weiteres allmählich heraus oder werden einzeln nacheinander von den Ameisen aus den Klappen herausgeholt, in denen keine Spannungserscheinungen zu entdecken sind. Die allgemeine Tachysporie kann in gewissen Fällen wegen grosser Verlängerung der Blütedauer verschoben werden. Besonders gilt dies von *V. odorata* in Kulturen, wo die Entwicklung der kleistogamen Blüten sich weit über den Abschluss der Samenverbreitung der chasmogamen hinaus erstrecken kann.

In der Anatomie der floralen Achsen habe ich keine allgemeine Unterschiede zwischen den Gruppen finden können. Bei beiden sind die Blütenstiele in ihrer mechanischen Konstruktion während der Anthese und der Samenverbreitung ungefähr gleich; so lassen sich z. B. keine postfloralen Verholzungsprozesse wahrnehmen. Die mechanischen Elemente bestehen aus einigen subepidermalen Zellschichten mit schwach kollenchymatisch verdickten Wänden und ausserdem zuweilen aus dünnen Bastbelegen an den Leptomsträngen. Diese letztere mechanische Verstärkung findet

sich bei wenigstens einem Vertreter des *Viola odorata*-Typus wieder, nämlich bei *V. pubescens*. Der wichtigste Unterschied dürfte in den während der Postfloration auftretenden Turgeszenzerscheinungen liegen. Die Turgeszenz der parenchymatischen Gewebe nimmt in der Postfloration bei den Vertretern des *V. odorata*-Typus ab, aber nicht bei denjenigen des *Euphorbia*-Typus

In der postfloralen Ausbildung des Kelches lässt sich ein Unterschied nachweisen, der ohne Zweifel zu den erhöhten Ernährungsansprüchen in Beziehung steht, die die postflorale Ausgestaltung der grossen Elaiosome der zahlreichen Samen begleiten. Bei dem *V. odorata*-Typus wachsen nämlich in der Postfloration die Kelchblätter mit ihrem gut entwickelten Assimilationsgewebe kräftiger aus als bei dem *Euphorbia*-Typus.

Wie ich eben im Anschluss an eine in meiner Spridningsbiologi 310—311 gegebene Darstellung angedeutet, stehen die Vertreter der *V. odorata*-Gruppe in direkter phylogenetischer Beziehung zu denen des *Euphorbia*-Typus oder wenigstens zu den explosiven *Viola*-Arten im allgemeinen. Es finden sich nämlich in der Organisation der ersteren einige Erscheinungen, die kaum anders erklärt werden können als durch die Annahme, dass die Reduktionserscheinungen ein verschwindendes Erbe von Stammeltern mit explosiven Früchten sein müssen.

Bei den Vertretern des *Euphorbia*-Typus enthält die Fruchtwand in einer nicht unbedeutenden Strecke ein kräftiges, mit stark verholzten Zellwänden ausgerüstetes Stereidengewebe, dessen Aufgabe, wie HILDEBRAND[1] gezeigt hat, die ist, die in den nachenförmig eingekniffenen Klappen reihenweise geordneten Samen herauszupressen. Dieses Gewebe ist an der angeschwollenen Rückennaht am stärksten entwickelt und besteht hier aus grossen Stereiden, die im rechten Winkel gegen die Oberfläche des Fruchtblattes stehen und fächerförmig gegen die Plazenta konvergieren. An der andern Seite ruht es auf einer Schicht gegen jene quergestellter Stereiden, die sich in die Fruchtblattflanken fortsetzt und hier die Innenseite derselben bekleidet. Auch die untere Partie des plazentalen Gewebes hat Zellen mit mechanischen Wandverstärkungen. Vgl. Fig. 21, *Viola elatior*.

Wie oben erwähnt, öffnen sich die Kapseln bei den Vertretern des *V. odorata*-Typus ohne jegliche explosive Erscheinungen. Doch finden sich auch hier dieselben Gewebeelemente in derselben charakteristischen Anordnung und mit, dem Äussern nach, derselben Art Zellen wie bei dem vorigen Typus, aber mit dem wichtigen Unterschiede, dass diese Elemente wegen mangelhafter Mächtigkeit und wegen der Schwäche der Zellwände nicht die Spannungserscheinungen aufzuweisen vermögen, welche die Explosivität des *Euphorbia*-Typus bedingen. Vgl. Fig. 22, *Viola suavis*. Aus der ersten Gruppe können wir z. B. *V. elatior*, *Riviniana* und *Patrini* herausnehmen und mit *V. pubescens*, *suavis* und *odorata* der letzteren Gruppe vergleichen. *V. Patrini* ist besonders lehrreich, da ihre Stengel ebenfalls von dem Erdstamme ausgehen und die Höhe derjenigen von *V. pubescens* besitzen, aber immer aufrecht stehen und mit samenausschleudernden Kapseln versehen sind. Alle Stereidenwände von *V. elatior*, *Riviniana* und *Patrini* sind verdickt und stark verholzt, bei *V. pubescens* sind sie

[1] Die Schleuderfrüchte und ihr im anatomischen Bau begründeter Mechanismus.

Fig. 21. *Viola elatior.* Querschnitt durch die Kapselwand. $\frac{300}{1}$.

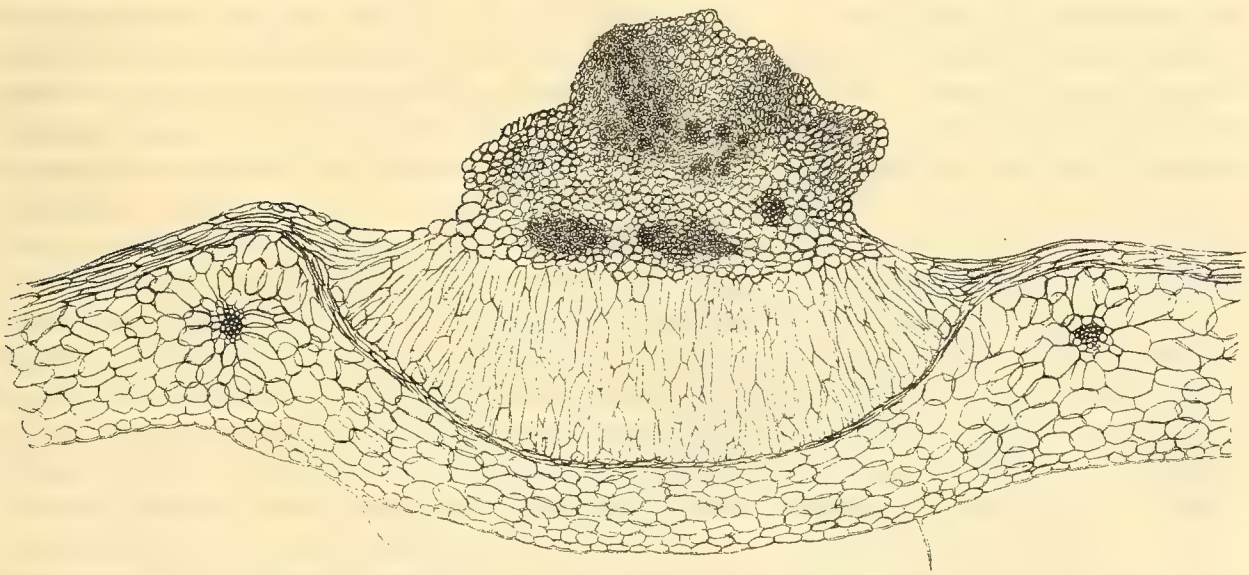


Fig. 22. *Viola suavis.* Querschnitt durch die Kapselwand. $\frac{300}{1}$.

auch verholzt und verdickt, aber bei *V. suavis* und *odorata* relativ dünn[1] und nicht verholzt. Die relative Masse des subplazentalen mechanischen Gewebes ist bei den beiden letztern wenig reduziert, dagegen tritt diese Reduktion sehr deutlich an den Fruchtblattflanken hervor, wo dafür ein recht mächtiges und gut differenziertes Assimilationsgewebe (vgl. die postflorale Geschichte des Kelches!) zur Entwicklung gelangt ist.

	Stereidengewebe (inkl. die mechanisch verstärkte Epidermis der Innenseite) in % der Wandstärke.	Assimilationgewebe (inkl. die mit Spaltöffnungen versehene Epidermis der Aussenseite) in % der Wandstärke.
Explosive:		
Viola elatior	60 %	40 %
» *Riviniana*	53 »	47 »
» *Patrini*	50 »	50 »
Myrmekochore:		
Viola pubescens	21 »	79 »
» *suavis*	18 »	82 »
» *odorata*	13 »	86 »

Die mechanischen Wandverstärkungen der untern Partieen des plazentalen Gewebes sind bei den Vertretern des *V. odorata*-Typus schwächer.

Primulaceae.

Primula acaulis.

Die allermeisten Arten dieser Gattung sind ausgesprochen bradyspor. Die Samen bleiben auch lange in der Kapsel liegen, und in der nordischen Flora sind *P. officinalis*, *P. elatior* und *P. farinosa* Wintersteher, in deren mittels xerochastischer Zähne sich öffnenden Kapseln die Samen bis zur Blütengeneration des nächsten Jahres liegen bleiben. Die Stengel sind aufrecht, stark gebaut und bei der Samenreife ballistisch. Ebenso die Fruchtstiele, die in der Postfloration aufwärts gerichtet stehen. Der Kelch wird knorpelähnlich und unterstützt oft die knorpelähnliche Kapselwand in ihrer Funktion. Nehmen wir *P. farinosa* als Typus, so finden wir, dass sich z. B. der Bau jener Organe bei der Samenreife folgendermassen verhält. Der Stengel hat einen sehr kräftigen Stereommantel, der mit dem Holzprosenchym des Hadroms zusammenfliesst, so dass das Leptom vollständig von Stereiden eingeschlossen ist; die Epidermis und eine darunter liegende Zellschicht sind ebenfalls stereomatisch ausgebildet. Die grade nach oben gerichteten Fruchtstiele haben denselben Bau, aber der Stereommantel ist mehr zentriert und die Epidermiswände etwas stärker. Der sich der Kapsel anschliessende Kelch hat eine innere und eine äussere, kräftig entwickelte Epidermis. Die Hauptmasse der Kapselwand besteht aus den beiden Epidermisschichten, zwischen denen eine einfache Parenchymschicht liegt, die nur an den Gefässsträngen etwas anschwillt. Die Epidermiszellen der Aussenseite sind sehr gross, die der Innenseite kleiner, aber mit ausserordentlich stark verdickten und intensiv verholzten Aussenwände versehen.

P. officinalis und *P. elatior* schliessen sich in allen Beziehungen diesem Typus

[1] Von *V. odorata* schon von HILDEBRAND l. c. p. 248 bemerkt.

an. Desto überraschender wirkt die Tatsache, dass die systematisch naheverwandte *P. acaulis*, die LINNÉ und mehrere ältere Floristen nicht einmal für eine von jenen getrennte Art, sondern mit jenen zusammen für Formen von *P. veris* L. hielten, nicht nur eine ganz andere Verbreitungsbiologie, sondern auch eine im Anschluss daran verschieden gestaltete postflorale Entwicklung nebst mehreren morphologischen und anatomischen Unterschieden hat. In bezug auf die systematischen Charaktere schliesst sich *P. acaulis* am nächsten an *P. elatior*, weniger nahe an *P. officinalis*, und wenn *P. acaulis* nicht direkt från *P. elatior* abstammt, so konvergieren doch jedenfalls die hinter den beiden liegenden entwicklungsgeschichtlichen Serien recht schnell zu einer gemeinsamen Stammform. Wir wollen daher *P. elatior* als das nächste Vergleichsmaterial benutzen.

Ein Stengel fehlt bekanntlich bei *P. acaulis*, oder vielmehr er ist sehr verkümmert. Den Blütenstielen fehlt deshalb die für *P. elatior* charakteristische starke Exposition, und sie stehen daher mitten in dem dichten Laube. Bei *P. acaulis* sind sie um so länger; hier trägt auch der bedeutend weitere Saum der Krone das seinige dazu bei, die Leistungsfähigkeit der Schaustellung zu erhöhen. In der Postfloration schrumpft die Krone von *P. elatior* ein und vertrocknet. Die unterste Partie der Kronröhre wird von dem heranwachsenden Fruchtknoten ausgespannt. Der Kelch wächst an, und seine Zipfel schliessen sich zusammen, infolgedessen der Fruchtknoten und die untere Partie der Kronröhre fast ganz frei in einem grossen Holzaum zu stehen kommen, dessen haubenförmiger oberer Teil durch den vertrockneten Kronsaum und die obere Partie der Röhre verschlossen wird. Der Blütenstiel wird steifer und richtet sich grade in die Höhe. Die Krone von *P. acaulis* verhält sich ebenso. Der Kelch nimmt auch in derselben Weise an Grösse zu, aber die Zipfel schliessen sich nicht. Ferner erschlaffen die Blütenstiele, und die Blüten legen sich auf den Boden oder zwischen die noch weiter anwachsenden Grundblätter.[1] (In Gärten habe ich beobachtet, dass die Kapseln durch Platzregen oder übermässige Begiessung zuweilen mehr oder weniger von Erde bedeckt werden. Wahrscheinlich liegt eine ähnliche Beobachtung einer Notiz in der Literatur, dass die Pflanze geokarpische Früchte habe, zu Grunde.) Dieses Herabfallen der Fruchtstiele ist durch den von *P. elatior* abweichenden anatomischen Bau bedingt. Das mechanische System besteht bei beiden in einem sich den Gefässbündeln anschliessenden, verholzten Stereommantel. Bei *P. acaulis* liegt er zentraler als bei *P. elatior*. Das Rindenparenchym hat nämlich bei jener 8—10 Zellenreihen in radialer Richtung, dagegen nur 5—7 bei dieser. Dieses Rindenparenchym spielt wegen seiner Turgeszenz für die Biegungsfestigkeit des Stieles eine grosse Rolle, da dieselbe die in der Anthese mehr oder weniger aufwärtsgerichtete Stellung der Blüte von *P. acaulis* verursacht, was der Stereomzylinder allein nicht zu tun vermag. In der Postfloration nimmt der Turgor ab, so dass ganze, ausserhalb des Stereommantels befindliche Zellenkomplexe grosse Falten werfen. Der Stiel kann nun das Gewicht des heranwachsenden Fruchtknotens nicht länger tragen und versinkt in die Blättermasse. Der mehr

[1] Schon J. G. LEHMANN bemerkt in seiner Monographia Generis Primularum, Lipsiae 1818, p. 31: »Pedicelli numerosi, erecti, villosi, longitudine foliorum, post florescentiam deflexi.»

peripherisch gelegene Stereommantel von *P. elatior* wirkt als biegungsfeste Konstruktion kräftiger, um den Fruchtstiel emporzuhalten, und zwar in so hohem Grade, dass eine gewisse ballistische Fähigkeit erreicht ist. Das Stereom selbst ist übrigens stärker. Die Anzahl der radial liegenden Stereiden beträgt etwa 5 von zusammen etwa 45 μ, während die entsprechenden Zahlen von *P. acaulis* etwa 3 bezw. 22 sind. Interfaszikular findet sich bei *P. acaulis* in dem Fruchtstiel eine Gruppe schwacher Stereiden, während bei *P. elatior* die entsprechenden Zellen wegen ihrer verdickteren, teilweise etwas verholzten Wände bedeutend stärker sind. Ausserdem hat die Epidermis von *P. elatior* dickere Wände.

Der Fruchtkelch ist bei *P. elatior* dicker und kräftiger gebaut als bei *P. acaulis*. Besonders merkt man dies an den Wänden sowohl des äussern als auch des innern Epidermisgewebes. Die Wände der innern Epidermis von *P. elatior* sind ausserdem verholzt, aber nicht die von *P. acaulis*.

Auch auf den anatomischen Bau der Kapsel hat sich die Reduktion erstreckt, so dass die Wände der Epidermiszellen kräftiger bei *P. elatior* als bei *P. acaulis* sind.

Cyclamen.

Die von Hildebrand von dieser Gattung bezeugte Myrmekochorie verdient in hohem Grade eine nähere Untersuchung. Die Blütenstiele sinken in der Postfloration auf die Erde, worauf sie sich bekanntlich, mit Ausnahme von *C. persicum*, spiralig zusammendrehen. Der Kelch ist grün und umschliesst die Basis des heranwachsenden Fruchtknotens. Aus Schnitten durch Kelche von *C. persicum* ergab es sich, dass gegen die Reifezeit der Samen mechanische Verstärkungen fehlen, aber sie enthalten ein recht mächtiges, nur wenig differenziertes Assimilationsgewebe, dessen Zellen jetzt voller Stärkekörner sind. In dem Blütenstiel derselben Art wirkt als mechanisches Element, auch in der Fruchtreife, nur die wandverdickte Epidermis und die Turgeszenz des mächtigen Rindenparenchyms.

An dem anemochoren und bradysporen Ballistentypus, der nach der obigen Auseinandersetzung durch *Primula elatior*, *P. farinosa* und *P. officinalis* vertreten ist, dürfte sich eine recht grosse Anzahl *Primulaceen* mit mehr oder weniger wichtigen Modifikationen anschliessen. Eine häufige Modifikation ist die, dass der Kelch mittels besonderer Zuwachserscheinungen die Windexposition direkt vergrössert: bei *P. obconica* wächst er in der Postfloration stark und bildet einen auswärtsgebogenen Schirm an der Basis der auffallend kleinen Kapsel; bei *P. sinensis* nimmt er die Gestalt eines Ballons an. — Direkt aus diesem, *P. elatior* oder eine mit ihr sehr nahe verwandte Art enthaltenden Typus muss sich, wie schon oben behauptet wurde, *P. acaulis* mit ihrer himmelweit verschiedenen Samenverbreitungsbiologie entwickelt haben.

Ein myrmekochores Seitenstück zu dem mit abwärtsgerichteten, unter dem Laube versteckten und an niederliegenden Sprossachsen sitzenden Früchten ausgerüsteten Organisationstypus, der z. B. durch *Anagallis arvensis*, *Lysimachia nemorum* und

L. nummularia vertreten wird, ist unter den *Primulaceen* noch nicht bekannt. Am häufigsten dürften jene ihre Samen durch autochore Ablegung verbreiten. Von *Anagallis* besät ein einziges Individuum eine recht grosse Fläche mittels der langen, niederliegenden Stengel. Die Blütenstiele, die in dem ersten Knospenstadium grade sind und später sich dicht unter dem Kelche biegen, sind in der Anthese grade. In der Postfloration und der Samenverbreitung sind sie im Bogen abwärts gerichtet, so dass die Samen direkt aus den Deckelkapseln auf den Boden fallen. Die genannten *Lysimachia*-Arten haben niederliegende Sprossachsen, und ihre Blütenstiele sind in der Postfloration abwärtsgebogen. Von keiner habe ich Früchte mit reifen Samen gesehen.

Hydrophyllaceae.

Nemophila insignis.

Der Stengel biegt sich, wie der von *Reseda odorata*, allmählich über den Erdboden. Die langgestielten Kapseln liegen direkt auf der Erde ausgestreckt und öffnen sich hier. Da, wenigstens an Gartenexemplaren, die Stengel recht lang werden und das Sprosssystem sich stark verzweigt, wird eine recht grosse Fläche autochor besät. — Die Fruchtstiele sind schwach gebaut, der Kelch fungiert wegen seines lockern Assimilationsgewebes um die Zeit der Samenverbreitung als lokal nahrungsbereitendes Organ.

Borraginaceae.

Vom verbreitungsbiologischen Gesichtspunkte aus hat diese Familie mehrere Berührungspunkte mit den Labiaten gemein. Die Verbreitungseinheiten bestehen meistens in isolierten Teilfrüchten, mit oder ohne Pseudostrophiolen, selten in Fruchtkelchen (z. B. *Myosotis silvatica*) oder (z. B. *Asperugo procumbens*) ganzen Stücken der Infloreszenz. Bradyspore Anemochoren und Epizoen spielen eine sehr grosse Rolle. Wintersteher sind nicht selten (vergl. Sern., Spridningsbiologi 323—332). Die exponierten Achsen stehen aufrecht, sie sind oft verholzt und ballistisch. Als Beispiel bradysporer Anemochorie füge ich die Photographie einer Infloreszenz von *Lithospermum officinale* und als Beispiel bradysporer Epizoie eine von *Cynoglossum officinale* bei. Tafel 9 & 10. Die Myrmekochoren sind tachyspor und zeigen auch, wie im folgenden wird dargetan werden, in ihrem allgemeinen Bau und in ihrer postfloralen Ausbildung grosse Übereinstimmung mit den Labiaten, aber auch einen noch höheren Grad von Differenzierung.

In der folgenden Übersicht beschreibe ich einige von den besondern Kennzeichen, welche in dieser Hinsicht die Myrmekochoren und Anemochoren von den Epizoen unterscheiden.

Die meisten Anemochoren und Epizoen haben, wie oben angedeutet wurde, aufrechte, verholzte und ballistische *Stengel*. Wenn alle Früchte gereift sind, kann

diese Verholzung recht beträchtlich sein, so dass der Stengel schliesslich aus einem dickwandigen Zylinder von Holz und anderen verholzten Geweben besteht, welche eine mehr oder weniger hohle, vertrocknete Markmasse umschliessen. — Die Myrmekochoren haben im allgemeinen ebenfalls aufrechte, aber viel schwächer gebaute Stengel; auch tritt keine eigentliche Verholzung ein. Auch sehr grobe Stengel können einen erstaunlich schwachen Bau besitzen. So ist z. B. bei der hohen *Pulmonaria virginica* der unten bis zu 11 mm im Durchschnitt messende Stengel, auch wenn die Blüten allgemein Früchte gesetzt haben, das ganze mechanische System auf einen etwa 1 mm unter der Epidermis liegenden, 4—8 Zellen und Gefässe breiten Holzzylinder beschränkt. Das Holz enthält, was bei den Borraginaceen allgemein der Fall zu sein scheint, zahlreiche Holzfasern, aber die Verdickung der Wände ist nicht besonders stark. — Interessant ist es, den Bau des Stengels, nachdem die meisten Blüten das Fruchtstadium erreicht haben, bei den epizoischen bezw. anemochoren Arten *Myosotis arvensis* und *M. silvatica* einerseits mit demjenigen bei der myrmekochoren *M. sparsiflora* anderseits zu vergleichen. Das mechanische System besteht bei allen drei Arten aus geschlossenen Holzzylindern und aus subepidermalen Stereidenschienen an den Rippen des Stengels. Der Holzzylinder weicht bei den einzelnen Arten durch verschieden stark peripherische Lage und die Entwicklung der Holzfasern ab. In den zwischen den Rippen gelegenen Partieen enthält das als Assimilations- und Leitungsgewebe ausgebildete Rindenparenchyn bei allen drei Arten 4—5 Zellschichten, da aber die Rippen von *M. sparsiflora* breiter und mächtiger sind, liegt der Holzzylinder hier etwas mehr zentral. Derselbe besteht aus einem zusammenhängenden Mantel von Holzfasern, welche nach innen hin durch Gruppen von Gefässen, meist Spiralgefässen, die eigentlichen Gefässbündel markieren. Bei den Epizoen besteht dieser Holzprosenchymmantel aus durchschnittlich 6, bei den Myrmekochoren aus 3 Zellschichten. Die Stereidenschienen unter dem Kiel der Rippen bestehen bei *M. silvatica* aus 3, bei *M. arvensis* aus 1—3 und bei *M. sparsiflora* aus 1 Zellschicht in radialer Richtung.

Die *floralen Achsen* der Myrmekochoren sind häufig plagiotrop, während sie bei den Epizoen und Anemochoren mehr oder weniger aufrecht stehen. Besonders schöne Beispiele gewähren die meisten *Nonnea*-Arten; bei *Borrago officinalis* sind an derselben Infloreszenz einige Achsen plagiotrop, andere orthotrop. (Fig. 24). Aber wie es sich hiermit auch verhalten mag, so biegen sich stets die Blütenstiele nach der Anthese, so dass die Mündung der Kelche während der Postfloration und des Fruchtabfalles abwärtsgerichtet sind. Bei der Gattung *Anchusa* ist diese karpotropische Biegung, wie in dem speziellen Teil näher wird beschrieben werden, am wenigsten dezidiert. — Dieselbe relative Schwäche, welche die Stengel der Myrmekochoren auszeichnet, findet sich auch in dem Bau der floralen Achsen. Betrachten wir die Blütenstiele, so finden wir, dass die hiesigen postfloralen Veränderungen, bei denjenigen Arten ausgenommen, deren Blütenstiele wegen ausserordentlich starker Entwicklung von Kelch und Fruchtknoten besonders stark belastet werden, wenig das rein mechanische System betreffen. Anstatt dessen nehmen die parenchymatischen Gewebe zu, besonders die leitenden und assimilierenden Systeme der Rinde. Meines Wissen hängt

diese Zunahme der Gewebemasse mehr davon, dass die Zellen selbst an Volumen zunehmen, als von Zellteilungen ab. Als Beispiele wählen wir *Pulmonaria virginica* und *Borrago officinalis*, jene mit mittelmässiger, diese mit enorm starker, postfloralen Vergrösserung von Kelch und Fruchtknoten. Sowohl in der Anthese als auch in der Postfloration besteht bei *Pulmonaria virginica* das mechanische System, abgesehen von der relativ starken Epidermis aus am Leptom liegenden Stereomschienen von Zellen mit schwach kollenchymatisch verstärkten Wänden. Die mechanische Leistungsfähigkeit dieser Schienen wird noch etwas verstärkt, da auch neben den Hadrompartieen eine kleine Zellgruppe in dieselbe Gewebeart umgewandelt ist. Das Rindenparenchym besteht aus einem subepidermalen, durchschnittlich 3 Zellschichten starken Assimilationsgewebe, das nach innen hin in ein ebenso mächtiges Leitungsgewebe von durchschnittlich ebenfalls 3 Zellschichten übergeht. Während der Postfloration vermehrt es sich durch radialen Zuwachs der Zellen, in beiden Gewebepartieen etwa gleich stark bis auf etwa 135 μ, während es in der Anthese nur etwa 90 μ betrug. Bei *Borrago officinalis* besteht die Rinde aus folgenden Partieen. Der Epidermis zunächst, deren Zellen spärliche Chloroplasten beherbergen, folgt ein Assimilationsgewebe von zwei Zellschichten, darunter liegt ein aus durchschnittlich ebenso vielen Zellschichten zusammengesetzter, undeutlicher Stereommantel und im Innern ein Leitungsgewebe von durchschnittlich 4 Zellschichten. Das Assimilationsgewebe ist in eine Schicht von zur Längsachse schrägen Palissaden mit kurzen Vorsprüngen und in eine zweite Schicht axil gestreckter Sammelzellen differenziert. In der Anthese beträgt die Palissadenschicht durchschnittlich 20 und die andere 10 μ in radialer Richtung; in der Postfloration sind infolge des Zuwachses der Zellen die entsprechenden Zahlen etwa 45 bezw. 13 μ. Die stereomatische Schicht, deren Zellen, in denen Chloroplasten nicht selten sind, sehr schwache Wandverdikkungen haben, wächst von etwa 20 bis etwa 45 μ an. Das Leitungsgewebe, dem auch Chloroplasten nicht fehlen, streckt sich radial von etwa 90 bis etwa 130 μ. Um den Gefässbündelring und in ihm finden in der Postfloration sehr weitläufige Veränderungen statt, deren Ergebnis die Entstehung eines mechanischen Hohlzylinders ist. Im Hadrom gelangen zahlreiche Holzfasern zur Entwicklung. Durch interfaszikulare Ausbildung von Stereiden werden die meisten dieser Hadrompartieen miteinander und mit den schwachen, jetzt etwas verstärkten Stereomschienen verbunden, die schon in der Anthese zu beiden Seiten der Gefässbündel, wenigstens der grössern, bestanden. — Wenn wir, wie eben hinsichtlich des Stengels, die verschiedenen Arten des Baues der Blütenstiele miteinander vergleichen, die sich bei *Myosotis sparsiflora* und den epizoischen bezw. anemochoren *M. arvensis* und *M. silvatica* zeigen, finden wir bei der Fruchtreife dieselbe relative Schwäche bei der myrmekochoren Form. Bei allen drei bildet der von Holzfasern gebildete Hohlzylinder, die hauptsächlich das Hadrom zusammensetzen, das mechanische System. Bei den beiden letztgenannten Arten liegt er, wie aus der Tabelle S. 315 hervorgeht, sehr peripherisch und ist aus mehreren Zellen gebildet, während das Rindenparenchym schwächer entwickelt ist.

Die Krone der Borragineen fällt bekanntlich sofort nach der Anthese ab, während dagegen der *Kelch* sitzen bleibt. Wie bei den Labiaten wächst er bei den Myrme-

kochoren während der Postfloration stark und fungiert dabei als lokaler Assimilationsapparat. Zuweilen verwelkt er nach dem Fruchtabfall, zuweilen aber, wie bei den *Symphytum*-Arten und bei *Borrago officinalis*, bildet er nach dieser Zeit ein Glied in dem Blattsystem der Infloreszenz. Bei diesen letzteren tritt auch gegen das Ende der Postfloration eine Zurückbiegung der Kelchzipfel ein, so dass ihre Rückseiten schliesslich mehr oder weniger gegen das Zenithlicht gerichtet und exponiert stehen (Fig. 23). — Im Aufbau des Kelches spielt stets das Assimilationsgewebe eine wichtige Rolle. Von demselben lassen sich drei Typen unterscheiden. Bei dem *Symphytum*-Typus mit *Anchusa italica*, *Myosotis sparsiflora*, *Pulmonaria virginica* und *Symphytum officinale* ist es wenig differenziert und besteht aus mehr oder weniger isodiametrisch oder tangential gestreckten Zellen. Bei *Borrago officinalis*, dem Vertreter des zweiten Typus, liegt unter der Epidermis der Aussenseite ein einschichtiges Palissadengewebe und darunter ein mächtiges Schwammparenchym. Der dritte Typus, der *Pulmonaria officinalis*-Typus, ist dadurch gekennzeichnet, dass sich sowohl an der Aussen- als auch an der Innenseite einschichtige Palissadengewebe finden, zwischen denen eine dünne Schicht von Sammelzellen liegt. Hierher gehören *Nonnea alba*, *N. rosea* und *Pulmonaria officinalis*. In der Postfloration vergrössern sich die Zellen sämtlicher drei Typen, die Intercellularräume nehmen an Grösse und Anzahl zu, und im allgemeinen kann man behaupten, dass sich das Assimilationsgewebe bedeutend differenziert. — Bei *Borrago officinalis* finden sich längs den Gefässbündeln schon in der Anthese lokale Stereombelege und sie erhalten auch postflorale Verstärkungen. Sonst fehlt dem Fruchtkelch der Myrmekochoren ein eigentlich mechanisches System. Wenn die in mehreren Beziehungen abweichende *Anchusa italica* tatsächlich myrmekochor ist, was man wegen des grossen Elaiosoms der Teilfrüchte anzunehmen berechtigt sein dürfte, bildet sie auch hierein eine Ausnahme. Hier ververstärken sich postfloral nicht nur die in der Anthese schwachen Stereidenschienen, sondern es bildet sich auch in dem Hadrom der grösseren Gefässbündel eine recht mächtige Schicht von Holzfasern. — Auch für die Beantwortung der Frage von dem verschiedenen Verhalten des Kelches bei den Myrmekochoren und den Epizoen bezw. Anemochoren der Familie eignen sich die oben behandelten *Myosotis*-Arten als gutes Demonstrationsmaterial. Bei *M. sparsiflora* fehlt im Fruchtkelch, wenn man die Holzfasern ausnimmt, jegliches mechanische System; bei *M. arvensis* und *M. silvatica* ist jeder Gefässstrang von einer mächtigen, kräftig entwickelten Stereomschiene begleitet. Bei der ersteren ist in der Postfloration der Kelch offen, bei den beiden letzteren geschlossen.

Näheres über die Einzelheiten der eben für die myrmekochoren Borragineen skizzierten Entwicklung wird in diesen Erörterungen bei jeder Gattung beschrieben werden.

Anchusa arvensis und *A. officinalis*. In dieser Gattung verhält sich der Kelch in der Postfloration etwa wie die Mehrzahl der unten zu behandelnden Labiaten. Seine Zipfel wachsen an Länge und Breite stark aus. Mit seinem mächtig entwikkelten Assimilationsgewebe und dem dazugehörenden Gefässstrangsystem fungiert er hier, wie bei andern myrmekochoren *Borragineen*, als kräftiger lokaler Assimila-

tionsapparat, der jedenfalls für die Nutrition der heranwachsenden Früchte eine grosse Bedeutung hat. Die Zipfel sind im Beginne der Postfloration etwas einwärts gerichtet, biegen sich aber später auswärts. Der Blütenstiel biegt sich etwas nach aussen. so dass bei *A. officinalis* die Mündung der Kelche beim Fruchtabfall schliesslich gradeaus gerichtet sein kann. (Bei *A. italica*, die wohl aus oben angeführten Gründen myrmekochor sein dürfte, bleiben jedoch Stiel und Kelch unveränderlich emporgerichtet.) In der Postfloration nimmt der Blütenstiel an Dicke zu.

Borrago officinalis. Der Kelch erhält hier eine postflorale Entwicklung wie bei keiner andern myrmekochoren Art der Familie (Fig. 23). Er wächst in derselben

Fig. 23. *Borrago officinalis* H. B. U. $19^{19}/_{5}05$. Fruchtstellungen.

Weise wie bei den vorigen, sowohl was die Röhre als was die Zipfel betrifft, enorm und seine Assimilationsfläche ist sehr beträchtlich. In den ersten Stadien der Postfloration schliessen sich die Zipfel mit zusammengebogenen Spitzen über die Fruchtanlage, in ihrem letzten Stadium strecken sie sich im rechten Winkel von derselben aus. Der Blütenstiel macht sofort nach der Anthese eine starke karpotropische Biegung, so dass sich die Mündung des Fruchtkelches schräg abwärts richtet. Die alten Kelchzipfel der plagiotropen Sprosse werden daher zum Teil von den grossen Deckblättern verdeckt, zum Teil aber bilden sie schliesslich mit ihnen eine Blattmosaik.

Caryolopha sempervirens. Abwärtsrichtung der grossen Fruchtkelche. Taf. II, Fig. 68.

Myosotis. (Fig. 24.) Diese Gattung gewährt vom allgemein biologischen Gesichtspunkt aus ein sehr interessantes Beispiel davon, wie äusserst verschieden schliesslich die Verbreitungsmodi sind, die durch, wie es anfänglich scheinen möchte, äusserlich

Fig. 24. Fruchtstände von *a Myosotis silvatica*, H. B. U. $19^{14}/_{5}04$, *b M. arvensis*. Uppl., Skyttorp $19^{1}/_{5}02$, *c M. palustris*. Uppl. Dalby $19^{30}/_{5}04$, *d M. caespitosa*. Uppl, Dalby $19^{23}/_{5}04$, *e M. sparsiflora*. H. B. U. $19^{10}/_{5}04$.

recht kleine Unterschiede der Organisation und der postfloralen Entwicklung zu stande kommen.

Beginnen wir zuerst mit *M. silvatica*; sie gehört zu den bradysporen Epizoen. Die Infloreszenzachsen sind in der Fruchtreife trocken und elastisch und verharren häufig eine Zeitlang als Wintersteher mit mehr oder weniger zahlreichen Verbreitungseinheiten. Dieselben bestehen in den Fruchtkelchen, deren starre, krallenähnlich gekrümmten Haare leicht an dem Haarkleide der Tiere sitzen bleiben. Nicht alle fakultativ epizoischen *Myosotis*-Arten sind jedoch bradyspor; vor allem ist *M. collina* entschieden tachyspor. Bei *M. silvatica* entwickelt jede Infloreszenz eine sehr lange Zeit hindurch Blüten, bei *M. collina* aber nur eine kurze Zeit. Die Postfloration der einzelnen Blüten dauert bei jener eine sehr lange Zeit, und die Kelche können nach der Reife der in ihnen enthaltenen Früchte lange dem Angriffe der Winde widerstehen. Bei dieser aber dauert die Postfloration der einzelnen Blüten nur eine bis zwei Wochen, der Fruchtkelch fällt ohne epizoische Vermittlung leicht von seinem Stiel ab, und die isolierten Teilfrüchte werden hier leichter, als bei der vorigen, zwischen den Kelchzipfeln herausgeschüttelt. (Bei Lenna, Felsenplatte, beobachtete ich 1905 am 8. Juni die ersten abgetrennten Fruchtkelche und die ersten herausgefallenen Teilfrüchte.) Diese beiden Arten besitzen von der Anthese an schräg aufwärtsgerichtete, bei *M. silvatica* etwas gebogene Blütenstiele: die Kelchzipfel sind aufwärtsgerichtet und an der Basis eingekniffen. Der in der Postfloration stark anwachsende Kelch ist anfänglich assimilierend, verdorrt aber nach der Fruchtreife. Wie *M. silvatica*, so verhält sich der Hauptsache nach auch *M. arvensis*.

Bei zwei hydrophytischen Arten, *M. caespitosa* und *M. palustris*, bestehen die Verbreitungseinheiten in den isolierten Teilfrüchten. Fallen dieselben nicht ins Wasser, so kann nur ein sehr seltener Zufall, wie z. B. der, dass die Erde, auf die sie gefallen, an den Füssen von Wasservögeln kleben bleibt, sie von der Mutterpflanze entfernen. Im Wasser dagegen bleiben sie eine Zeitlang schwimmen, was von der Oberflächenspannung ihres glatten, glänzenden Äussern und des Wassers abhängt. Arretierung der Früchte durch den Kelch findet nicht statt. Sie reifen schnell, worauf sie sich vom Blütenboden ablösen und aus dem Kelch herausschlüpfen, dessen Zipfel, die in den ersten Stadien der Postfloration etwas geschlossen waren, sich jetzt auseinander gebogen haben. Der in der Anthese ziemlich aufrechte Blütenstiel biegt sich in der Postfloration auswärts, so dass der Fruchtkelch sich mehr oder weniger wagerecht stellt. Der Kelch wächst in der Postfloration weiter, er ist bis zum Fruchtabfall grün und assimilationsfähig.

Diesen tachysporen Hydrochoren ist eine andere *Myosotis*-Art ihrer postfloralen Entwicklung nach sehr ähnlich. Und doch hat ihr wichtigster Verbreitungsmodus eine ganz andere Natur. Es ist dies eine Myrmekochore, und ihr Name ist *M. sparsiflora*. Die Auswärtsbiegung der Blütenstiele in der Postfloration kann jedoch so weit gehen, dass sie sich schliesslich mit ihren Fruchtkelchen abwärtsrichten, was auch, wenn schon seltener, bei *M. palustris* und *cæspitosa* eintritt.[1]

[1] Vgl. LINDMAN, Postflorationen, Tafel I, Fig. 10.

Die während der postfloralen Entwicklung bestehenden anatomischen Verhältnisse dieser verschiedenen verbreitungsbiologischen Typen sind ihrer Natur nach den eben beschriebenen äussern Erscheinungen analog. Von *M. arvensis*, *M. silvatica* und

Fig. 25. *Symphytum officinale*. H. B. U. 19 $^{18}/_{9}$ 05. Fruchtstellung. Vermindert.

M. sparsiflora ist dieser anatomische Vergleich schon skizziert. Es erübrigt noch, die hydrochoren Arten *M. caespitosa* und *M. palustris* zu besprechen.

Die Anatomie dieser Arten stimmt in vielen Hinsichten mit der von *M. sparsiflora* überein. Dieselbe relative Schwäche im Aufbau des Stengels, des Blütenstieles und des Kelches findet sich auch hier. Sie sind tachyspor; die floralen Achsen und der Kelch brauchen keine besondere Verstärkung als exponierende und ballistische

Organe. — Dem Stengel fehlen subepidermale Stereidenschienen, und das mechanische System besteht aus dem 2—4 zellschichtigen Holzfasermantel. Aus der folgenden Tabelle dürfte, was die Blütenstiele nach der Fruchtreife betrifft, hervorgehen, dass die Hydrochoren in dieser Beziehung ihrer anatomischen Konstruktion nach mehr der *M. sparsiflora* als der *M. arvensis* und der *M. silvatica* ähnlich sind.

Blütenstiele bei der Reife der Frucht.

	Dicke des Rindenparenchyms (incl. Epidermis) in % des Querschnittradius	Dicke des Holzes in % des Querschnittradius	Anzahl der Holzfasern in radialer Richtung
M. arvensis	50 %	30 %	4—5
M. silvatica	20 »	40 »	4
M. caespitosa	65 »	20 »	3
M. palustris	65 »	20 »	3
M. sparsiflora	70 »	10 »	2

Hierbei ist noch hinzuzufügen, dass bei den 3 letzten die Wände der Holzfasern nicht so mächtig wie die bei den Epizoen sind.

M. palustris verhält sich rücksichtlich des mechanischen Systems des Kelches wie *M. sparsiflora;* bei *M. caespitosa* sind dagegen die Gefässbündel von Stereomschienen begleitet. Beide haben auch ein Assimilationssystem des *Symphytum*-Typus.

Nonnea. (Tafel XI.) Sämtliche Arten dieser Gattung, die ich bis jetzt habe untersuchen können, haben sich als myrmekochor erwiesen und ausserdem in ihrer ganzen habituellen Gestaltung die charakteristischsten Zeichen dieser Gruppe getragen. Die Infloreszenzen sind, wie aus den Aufnahmen hervorgeht, plagiotrop, die Blüten unmittelbar nach der Anthese abwärtsgerichtet. Da das ganze Sprosssystem sehr niedrig von Wuchs ist, liegen schliesslich mehrere Fruchtkelche auf der Erde. Nur vereinzelte Infloreszenzäste, am ausgeprägtesten bei *N. rosea*, werden orthotrop. Tafel XI b. Am Kelch, der in der Postfloration stark anwächst und einen wichtigen lokalen Assimilationsapparat bildet, sind die Zipfel in dem ersten Stadium der Postfloration etwas einwärtsgeschlagen, doch biegen sie sich bald nach aussen. (Tafel II, Fig. 11.) Die Infloreszenzachsen werden sehr lang, weshalb auch durch diejenigen Früchte, die nicht von Ameisen fortgetragen werden, eine kräftige autochore Verbreitung zu stande kommt. Wenn nicht, was jedoch in der Heimat der *Nonnea*-Arten der häufigste Fall sein dürfte, starke Dürre die Entwicklung der Infloreszenzen unterbricht, bilden dieselben schliesslich eine sehr grosse Anzahl Blüten aus und verlängern hierdurch, trotz der ausgesprochenen Tachysporie der einzelnen Blüten, die Verbreitungsdauer des Individuums um ein Beträchtliches.

Pulmonaria. Bei P. *officinalis* richtet sich nach der Anthese der heranwachsende glockenförmige Kelch abwärts. Er wird gelb und verwelkt sofort nach dem Abfallen der Teilfrüchte. Der sich in der Postfloration verlängernde Stengel wird bogenförmig adscendent und senkt sich wegen der Abnahme der Turgeszenz ein wenig, so dass die Infloreszenz selbst von den immer mehr heranwachsenden Basalblättern verdeckt wird.[1] Der Hauptsache nach ähnlich verhalten sich *P. angustifolia* und *P.*

[1] »Semina plerumque mense florescentiae perficiuntur et dein herba tota cadit» Wahlenberg, Flora Upsaliensis p. 65.

mollissima. Tafel II, Fig. 13. — *P. virginica* hat einen höheren Stengel, der sich wegen der in den basalen Partieen abnehmenden Turgeszenz niederlegt, wenn die Hauptmasse der Blüten in die Postfloration eingetreten ist. Dabei krümmen sich die Blütenstiele abwärts und der weit geöffnete Kelch, aus dem der lange sitzenbleibende Griffel hervorsieht, nimmt an Grösse zu.

Symphytum. Wie aus der Photographie (Fig. 25) ersichtlich, sind die Infloreszenzäste plagiotrop und werden, sobald eine grössere Anzahl Blüten in die Postfloration getreten ist, häufig von den sich stark entwickelnden Kelchen und Fruchtknoten hinabgedrückt. Die Kelchzipfel sind anfänglich geschlossen, später weit auseinandergeschlagen. Die im Parenchymgewebe des Blütenbodens befindlichen Zellen wachsen im Anschluss an die Entwicklung des Fruchtknotens stark an.

Die eben skizzierte Entwicklung, welche die myrmekochoren Borragineen erlangt haben, ist in der Familie nicht ohne Parallelismus. Es ist schon erwähnt, dass einige Hydrophyten der Gattung *Myosotis* mehrere Organisationserscheinungen und postflorale Eigentümlichkeiten mit *M. sparsiflora* gemein haben. Das Fehlen eigentlicher Exposition während des Fruchtabfalles findet sich auch bei einigen mit einer ganz andern Verbreitungsbiologie ausgerüsteten Arten. — Die mit kolossalen Teilfrüchten versehene *Caccinia strigosa* trägt dieselben an niederliegenden Stengeln, die sich nicht ohne Stütze aufrecht zu halten vermögen. — Bei *Stenhammaria maritima* liegen die Stengel schlaff auf dem Boden und bedecken eine recht grosse Fläche. Nach der Anthese biegen sich die Blütenstiele abwärts und behalten diese Lage auch beim Abfallen der Teilfrüchte, das sofort nach dem Schwarzwerden derselben stattfindet. In der Postfloration verlängern sich die Blütenstiele und der Kelch wächst an, während die Kelchzipfel von dem heranwachsenden Fruchtknoten etwas auswärts gebogen werden. Im H. Berg hatte der Fruchtabfall am $19^{18}/_{7}05$ grade begonnen, als auf der Parzelle der Pflanzen die Teilfrüchte wie eckige schwarze Steinchen auf der Erde lagen. Die Verbreitung dürfte hauptsächlich auf zwei Wegen erfolgen. Erstens durch Autochorie; die Früchte bleiben da liegen, wo sie niedergefallen sind. Die so von einer einzigen Pflanze besäte Fläche kann recht gross sein. L. M. Neuman[1] erwähnt von der norwegischen Küste: »Exemplare, die kreisförmige Flächen von 1,5—2 Meter Durchmesser bedeckten, sah ich zwischen Fineide und Fauske». Aber die Teilfrüchte eignen sich auch vortrefflich für hydrochorische Verbreitung. Wenn dieselben entweder durch den Wind oder den Wellenschlag — *Stenhammaria* ist bekanntlich eine Meeresstrandpflanze — in das Meer gelangen, schwimmen sie, hoch auf dem Wasser liegend, vortrefflich. Die Frucht ist nämlich stark aufgeblasen. Schon M. W. von Düben[2] sagt: »Fructus (omnium Borraginearum nostrarum maximus) — — Pericarpium tenue, membranaceum, scariosum, vesiculoso-inflatum, adeo ut semen erectum tertiam cavitatis partem non expleat!» — *Asperugo procumbens*, deren Verbreitungseinheiten in ganzen Stücken der Infloreszenz bestehen, die sich epizoisch verbreiten, hat ein niederliegendes Sprosssystem. Auffallend ist die kolossale, an die der Myrmekochoren erinnernde Entwicklung des Kelches. — Von Arten mit aufrech-

[1] Bidrag till kännedomen af floran vid Saltenfjord och på Sulitälma-området i Norge, p. 259.
[2] Exkursion i Bohuslän 1841, p. 75.

ten Stengeln, aber mit Tachysporie und mit beim Fruchtabfall abwärtsgebogenen Blütenstielen ist *Cerinthe major* zu merken, deren grosse, schwarze Teilfrüchte bald nach der Anthese von ihren ausgebreiteten Blütenbodenflächen abfallen. Der einer eigentlichen mechanischen Funktion entbehrende Kelch wächst ebenfalls stark und dient als lokaler Assimilationsapparat. Elaiosome fehlen jedoch, und es liegt, wie die Experimente p. 190 zeigen, keine Myrmekochorie vor.

Wie bei andern Myrmekochoren können wir auch hier nicht wissen, in welchen Fällen myrmekochore Borragineen mit niederliegenden Stengeln, plagiotropen Infloreszenzästen, abwärtsgerichteten Blütenstielen, starkem postfloralen Zuwachs des Kelches usw. diese Eigenschaften, die sich somit an andern Punkten in der Familie finden, als phylogenetisches Erbe besitzen, oder ob diese Eigenschaften erst dann erworben wurden, als sich die Verbreitungseinheiten mit Elaiosomen ausrüsteten. Die vergleichenden Untersuchungen, die ich oben für die *Myosotis*-Gattung gegeben, sprechen in dieser Beziehung mehr für die letztere Annahme. Die Gattung *Anchusa* ist wohl auch als myrmekochor ein in bezug auf das Elaiosom, aber noch nicht in bezug auf Postfloration und Organographie herausdifferenzierter Typus. Die aufrechten Fruchtstiele von *A. italica* sind wahrscheinlich älter als die schwach ausgebogenen oder gar auswärtsgerichteten von *A. officinalis* und deuten auf die Verwandtschaft mit dem häufigsten Verbreitungstypus der Familie: den bradysporen Anemochoren und Epizoen, von denen die beigefügten Photographieen von *Lithospermum officinale* und *Cynoglossum officinale* Beispiele sind. Tafel IX u. X.

Labiatae.

Die Verbreitungseinheiten dieser Familie bestehen teils und am gewöhnlichsten in isolierten, teils in sämtlichen oder zu je 2—3 miteinander verklebten Früchten (z. B. *Ajuga pyramidalis*), teils in dem Kelch mit den darin eingeschlossenen Früchten (z. B. *Thymus*-Arten), teils in mehreren so beschaffenen zusammengeballten Fruchtkelchen (z. B. *Marrubium vulgare*).

Anemochorie ist der bei weitem häufigste Verbreitungsmodus, und zwar oft mit Bradysporie verbunden. Zu der Familie gehören auch zahlreiche Wintersteher. Ausser den in meiner Spridningsbiologi 323—332 aufgezählten können hier noch einige charakteristische Beispiele angeführt werden:

Calamintha Nepeta. Frankreich, Lattes $19^{30}/_{3}02$,
Hyssopus officinalis. H. B. München $19^{15}/_{3}03$,
Lavandula vera. » »
Lycopus europaeus. Schweden, Örebro $19^{14}/_{1}02$,
Teucrium flavum. H. B. Panorm. $19^{6}/_{4}03$,
Thymus vulgaris. H. B. München $19^{15}/_{3}03$.

Bei diesen Bradysporen finden sich mancherlei Gebilde für die Arretierung der Früchte, welche jede für sich allein eine Verbreitungseinheit bilden. Das häufigste sind Haargebilde in der Kelchröhre, aber auch postflorales Einrollen der Kelchzipfel hat hier Bedeutung. Wenn, wie bei *Thymus Serpyllum*, die Fruchtkelche die Verbreitungseinheiten bilden, ist die Arretierung durch die Zähigkeit bedingt, mit der der Kelch an seinem Stiele festsitzt. Die Früchte selbst werden durch den dichten Haarbüschel der Kelchröhre arretiert. Tachyspore Anemochoren sind nicht so all-

gemein. Gewöhnlich sind bei diesen die Fruchtkelche weit geöffnet, z. B. bei *Stachys arvensis* und *Salvia clandestina*. Wie die Samenverbreitung bei *Teucrium fruticans* erfolgt, weiss ich nicht. Sein in der Postfloration weit offenstehender Kelch wächst wie bei den Myrmekochoren als Assimilationsapparat ohne weitere Verstärkungen Fig. 26. — Die Labiaten, deren Verbreitungseinheiten dann und wann epizoisch verbreitet werden, sind jedenfalls nicht zahlreich. Wahrscheinlich bleiben von *Thymus Serpyllum* die einzelnen Fruchtkelche und von *Marrubium* Sammlungen derselben am Haarkleide vorübergehender Tiere hängen. — Endozoische Verbreitung dürfte bei *Prasium majus* vorkommen, dessen Früchte mit einem fleischigen Perikarp ausgerüstet sind. Die weitgeöffneten Fruchtkelche wachsen in der Postfloration weiter. — Autochorie durch Ablegung kann man bei *Glechoma hederacea* annehmen, deren Infloreszenzen an der Spitze der aufsteigenden Stengel sitzen. Nach der Anthese biegen sich die offenen Fruchtkelche und deren Stiele abwärts, so dass die Teilfrüchte direkt auf den Boden fallen. Die Experimente (p. 191) zeigen keine Myrmekochorie.

Fig. 26. *Teucrium fruticans*. H. B. Monsp. 19⁷/₆02. Teil einer Infloreszenz mit 2 Fruchtkelchen.

Die meisten Anemochoren und Epizoen haben ballistische Infloreszenz-Hauptachsen. (Zuweilen sind, wie bei *Salviae*, *Scutellaria* und *Teucrium flavum*, was KERNER, Pflanzenleben II, p. 597—598, gezeigt hat, auch die Fruchtkelche in einer eigentümlichen Weise, die wahrscheinlich mit eventueller Zoochorie in Beziehung steht, ballistisch.) Verholzte Stengel sind darum ausserordentlich häufig, und in den postfloralen Verstärkungen kommt noch Verholzung hinzu, oder sie verstärkt sich, wo schon vorhanden, noch mehr.

Die Myrmekochoren weichen in mehreren Beziehungen von den jetzt als die gewöhnlichsten beschriebenen Entwickelungsverhältnissen der floralen Region ab. — Tachysporie ist hier vorherrschend. Der Fruchtkelch verhält sich wesentlich wie bei den wenigen tachysporen Anemochoren, d. h. die Kelchzipfel bleiben weit geöffnet. Die Teilfrüchte fallen einzeln oder durch die Elaiosome zusammengeklebt heraus. In der Postfloration wächst bei sämtlichen 4 hierhergehörenden Gattungen der ganze Kelch mit seinem Assimilationsgewebe weiter, während er bei den bradysporen Anemochoren trocken und zum Teil verholzt wird. Beim Fruchtabfall welkt er hin und verschrumpft. — Bei *Ajuga Iva* und *Chamaepitys* sowie *Rosmarinus officinalis*, deren Tragblätter nach der Samenverbreitung der von ihner gestützten Blüten in dem heissen Sommer des mittelländischen Klimas noch immer als Laubblätter weiterfungieren, sind schon die Stengel derjenigen Region, welche Blüten in der Anthese trägt, reich an verholzten Elementen, die später noch zunehmen; *Rosmarinus* ist als reine Lignose zu betrachten. Nicht so bei *Ajuga orientalis*, *pyramidalis* und *reptans*, *Galeobdolon luteum*, *Lamium album*, *amplexicaule*, *maculatum* und *purpureum*. Von Anfang an sind

hier die mechanischen Elemente der Stengel schwach und die postfloralen Verstärkungen wenig zahlreich oder gar nicht vorhanden. Bei den *Lamien* spielt das Kollenchym die wichtigste Rolle als mechanisches Element. Ich verweise z. B. auf das allbekannte Bild des Querschnittes von dem Stengel bei *L. album* in HABERLANDTS Pflanzenanatomie und, was *Ajuga pyramidalis* betrifft, auf die Beschreibung ihrer Stengelanatomie, die ich in meiner Spridningsbiologi 303—304 gegeben. Bei allen diesen Arten verwelken die Tragblätter bald, nachdem die von ihnen gestützten Blüten ihre Samenentleerung vollendet haben, und vor Eintritt des Winters welken die Stengel selbst und fallen ab, wenigstens diejenigen, die sich im Frühjahr und Vorsommer entwickelt hatten.[1] — Wie es gewöhnlich der Fall bei den Labiaten ist, fällt die Krone kurz nach der Anthese ganz ab. Bei *Ajuga pyramidalis* verhält sie sich etwas anders. Die postfloralen Erscheinungen haben hier folgenden Verlauf: die Kelche, sowohl Röhre als Zipfel, wachsen ein wenig. Die Zipfel biegen sich etwas auswärts. Die Krone verwelkt mit Ausnahme ihrer untern Partie, die lange mit erhaltener Turgeszenz die heranwachsenden Fruchtknoten dicht umschliesst. Die Staubblätter welken schnell hin. Der Griffel, besonders seine untere Partie, hält sich lange frisch und bleibt lange sitzen. Tafel II, Fig. 75, 78 & 82.

Noch ist es schwer, feste Stützpunkte für eine bestimmte Auffassung von der phylogenetischen Beziehung der myrmekochoren Labiaten zu andern Gruppen der Familie zu gewinnen. In mehreren andern Gattungen, — nach ARESCHOUG[2] bei *Ballota*, *Betonica*, *Calamintha*, *Clinopodium*, *Glechoma*, *Lycopus*, *Nepeta*, *Origanum*, *Prunella* und *Thymus* — als in der myrmekochoren, treten Pseudostrophiolen auf; häufig scheinen sie als Trennungsgewebe zu fungieren; und dass dieselben in Elaiosome umgewandelt werden, ist leicht erklärlich. Man sollte erwarten, dieses Abwärtsrichten des Fruchtkelches, wie es bei *Glechoma* (vgl. seine kleine weisse Pseudostrophiole!) auftritt, bei den Myrmekochoren wiederzufinden, aber nur bei *Rosmarinus* ist der beim Fruchtabfall weit geöffnete Kelch schräg abwärtsgekrümmt. Tafel II, Fig. 85. Diejenigen tachysporen Anemochoren, deren Kelche beim Fruchtabfall weit geöffnet sind, zeigen dagegen einige Analogien mit den zuletzt angeführten, myrmekochoren *Ajuga*-, *Galeobdolon*- und *Lamium*-Arten.

Scrophulariaceae.

In dieser grossen Familie kennen wir bisher von Myrmekochoren nur zwei, voneinander weit getrennte Gattungen, *Melampyrum* und *Veronica*.

Melampyrum. Wenn *M. pratense* sich in unbeschatteten Kolonieen frei entwickeln kann, erhält das ganze Sprosssystem die Form eines stark abgeplatteten Sphäroids. Die Seitenachsen stehen in der Regel paarweise in den drei untern epikotylen Blatt-

[1] Von derjenigen Form der *A. reptans*, die in der ältern schwedischen botanischen Literatur *A. alpina* L. genannt ist, sagt C. J. LINDEBERG (Fortsatta exkursioner i Bohuslän åren 1852—53 p. 9): »*Ajuga alpina* scheint in der südlichen Inselgruppe ziemlich verbreitet zu sein (mehrfach auf den Inseln *Styrsö* und *Koön*), ist aber schon Anfang Juni verblüht und verwelkt.» — Die gemeine *A. pyramidalis* trägt in Mittelschweden noch im Juli Blüten und verwelkt erst im August ganz hin.

[2] Om Borragineernas och Labiaternas frukt.

achselpaaren, während der oberste Teil des Hauptsprosses sich scharf als Gipfelblütenstand absetzt. Die Seitensprosse mit ihren Sprossen sind plagiotrop und breiten sich in einer wagerechten Ebene aus; die Hauptachse ist orthotrop mit geneigtem Blütenstand. Die Verzweigungsverhältnisse der Seitenachsen stimmen mit denen der Hauptachse überein. Sie endigen in Blütenständen, während neue vegetativ-florale Sprosse oder Sprosssysteme desselben Typus von den zwei oder drei untersten Blattachseln ausgehen. Das unterste Seitenachsenpaar der Hauptachse ist kürzer als die beiden obersten und seine Seitensprosse sind schwächer. In diesen beiden obern Blattachseln stehen zuweilen zwei seriale Sprosse, von denen die untere relativ schwach ist. Durch diesen Sprossbau ist verhütet, dass Blätter einander decken, und von oben gesehen erscheint das Bild einer schönen Blattmosaik. Auch werden die Blüten in der Anthese von oben und von den Seiten exponiert. Wegen der über die ganze Sprossmasse gleichförmigen Verteilung der floralen Achsen wird der Boden unter den Pflanzen auf einer kreisrunden Fläche von den Samen bei ihrem allmählichen Herausfallen gleichmässig bestreut. — In der Beschattung und in geschlossenen Feldschichten — so trifft man die Pflanze am häufigsten in der Natur an — erleidet dieser Aufbau des Sprossplanes mehrfache Abänderungen. Die Hauptachse bildet sich hier noch stärker aus als die Seitenachsen. Zwischen das oberste Sprosspaar und die Infloreszenz sind häufig 1—2 sterile Blattpaare eingeschaltet. Die Anzahl der Seitenachsenpaare beträgt oft 4, zuweilen sogar 5, aber die untersten sind meistens schwach und steril. Das zweitoberste und besonders das oberste sind am stärksten entwickelt. Sie stehen in einem spitzen Winkel von meistens etwa 45°, und ihre Seitensprosse gleichfalls. Das ganze Sprosssystem hat auch die Gestalt einer Kugel oder häufiger die eines mit der Spitze nach unten gerichteten Eies. Die ganze Pflanze ist dann schwächer entwickelt, und die Infloreszenzen haben weniger Blüten.

Die Sprossachsen sind stark mechanisch konstruiert, indem das Hadrom einen mächtigen, geschlossenen, an Holzfasern reichen Zylinder bildet.

In der Postfloration biegt sich der Fruchtstiel etwas, so dass die Kapselspitzen schliesslich abwärtsgerichtet sind. Die Kapselwand besteht aus einem Assimilationsgewebe, das um die Samenreife viel Stärke führt, Gefässbündeln sowie einer äussern und einer innern Epidermis. Die äussere Epidermis hat eine mächtige Cuticula mit zarter und dichter Kräuselung, die innere hat Zellen, die mit dicken, skulptierten und verholzten Wänden versehen sind. Unmittelbar nach dem Aufspringen, das durch das Wachstum der grossen Samen verursacht wird, vertrocknet die Kapselwand, während der mechanisch nicht verstärkte Kelch sowie das Tragblatt lange grün und frisch sitzen bleiben. Bei der Samenausstreuung fallen diejenigen Blätter der Hauptachse ab, welche die grossen Seitenachsensysteme tragen.

Unter den andern *Melampyrum*-Arten habe ich nur *M. cristatum* und *M. nemorosum* organographische und anatomische Studien gewidmet. Beide haben dieselbe, durch die Ausbildung des Hadroms bedingte starke Stengelkonstruktion wie *M. pratense*. Die Kapsel der ersteren Art ist wegen der den Rückennerv begleitenden kräftigen Stereomschiene stärker, aber bei der letzteren schwächer als bei *M. pratense*. Die innere Epidermis hat nämlich Zellen mit allerdings verholzten, aber, wie bei der

äussern, etwas dünnern Wänden. Dies hängt damit zusammen, dass der Kelch bedeutend grösser ist und den grössten Teil der Kapsel dicht umschliesst. Die Art und Weise, wie sich dieselbe öffnet, geht aus Tafel I, Fig. 36, 39 & 42 hervor. Die Deckblätter von *M. cristatum*, auf welche die Samen aus den von einem Kelch des *M. pratense*-Typus umgebenen Kapseln herausfallen, besitzen keine mechanischen Verstärkungen.

Die Anatomie und das Aufspringen der Kapsel von *M. silvaticum* ist von WEBERBAUER[1] beschrieben: »Frucht loculicid, *aber nicht selbständig aufspringend, sondern durch das Wachstum der Samen gesprengt, zur Zeit der Reife noch grün, aus lebendem Gewebe bestehend.* — Auf der Innenseite der Fruchtwand vereinzelt und gruppenweise vereinigt derb- und geradwandige verholzte Zellen von wechselnder Gestalt.»

Veronica. In der Gruppe *Omphalospora* finden sich einige Arten, welche myrmekochor geworden sind. Es sind dies *V. agrestris*, *Cymbalaria*, *hederaefolia* und *panormitana*. Sämtlich haben sie schwach gebaute Achsen, die sich nicht aufrecht zu halten vermögen, sondern auf dem Boden ausgestreckt liegen oder aus Mauerritzen herabhängen. Tafel II, Fig. 46. Doch hat *V. agrestis* etwas stärkere Achsen, deren Ausstreckung über den Boden mehr durch ihrem Wachstumsmodus bedingt ist. Die Blütenstiele machen in der Postfloration einen weiten Bogen nach unten, infolgedessen sich die Mündung der Kapsel mehr oder weniger gegen den Boden richtet, eine Stellung, die sie dann dauernd behält. Die Kelchzipfel wachsen nach der Anthese stark weiter. Sie haben keine mechanischen Verstärkungen, aber ein lakunöses, mächtiges Assimilationsgewebe, das um die Samenreife voller Stärke wird. Die Kapseln öffnen sich in einer sehr charakteristischen und von den andern verbreitungsbiologischen Typen der Gattung verschiedenen Weise. Am wenigsten weicht *V. agrestis* ab. Hier öffnen sich die loculiciden Kapseln durch knorpelige Klappen, die nach der Ausstreuung der Samen nicht schrumpfen. Beim Öffnen sind nach STEINBRINCK[2] auch die xerochastischen Erscheinungen wirksam, welche andere *Veronica*-Arten auszeichnen. Die leeren Kapseln, die lange von den beim Aufspringen der Kapsel sofort trocknenden, aber nicht schrumpfenden Kelchblättern umgeben bleiben, öffnen und schliessen sich später bei trocknem bezw. nassem Wetter, doch ganz unvollkommen. Bei *V. Cymbalaria* und *V. panormitana*, wenn sie nicht allzu intensiver Dürre ausgesetzt waren, öffnen sich die Kapseln in folgender Weise Die Kapselwand ist von den steinharten, grossen Samen stark ausgespannt. Wenn sie schliesslich oben unregelmässig platzt, vertrocknet sie schnell und schrumpft in grüne Fetzen an der Basis der Samen ein, die jetzt frei sitzen und bald abfallen. Hierauf hält sich der Kelch eine Zeitlang frisch, er verwelkt aber bald sowie auch der Blütenstiel in der Richtung auf das Proximalende. Ob sich *V. hederaefolia* unter weniger extremen Umständen ebenso verhält, weiss ich nicht. An den Exemplaren von an der Oberfläche schnell verdorrenden Lehmäckern, die ich untersucht habe, welken Kelch und Fruchtwand, während die

[1] Über die Frucht-Anatomie der Scrophulariaceen. p. 435.
[2] Untersuchungen über das Aufspringen einiger trockenen Pericarpien.
Über einige Fruchtgehäuse, die ihre Samen in Folge von Benetzung freilegen.

Kapsel noch ungeöffnet sitzen bleibt. Sie fällt entweder ganz, von den vertrockneten Kelchblättern umgeben, ab, oder bleibt, was häufiger der Fall ist, an der Mutterpflanze sitzen. Die trockne, häutige Fruchtwand platzt oben unregelmässig, wenn die Spannung der harten Samen zu stark wird. Diese drei Arten haben schwach gebaute Kapseln. Bei *V. Cymbalaria* finden sich zwischen den beiden Epidermen eine bis zwei Schichten Assimilationsgewebe von ziemlich grossen Zellen, die sich um die Zeit der Samenreife mit zahlreichen Stärkekörnern füllen; bei *V. hederaefolia* beschränkt sich dieses Gewebe auf 1 Schicht kleinerer Zellen, die ebenfalls um diese Zeit voller Stärke sind. Die äussere Epidermis hat bei dieser grössere Zellen als bei jener. Die verholzten Wände der innern Epidermis ist bei beiden mit einer zierlichen Leistenverdickung versehen. — In den Mittelmeerländern ist die Tachysporie offenbar und deutlich. Hier sind alle 4 Arten ausgesprochene Frühlingspflanzen, an denen in der ersten Hälfte des Juni alles ausser den Samen verdorrt ist.

Der gewöhnlichste Verbreitungstypus der Familie wird durch meistens ballistische Anemochoren mit in der Samenausstreuung aufrechten Kapseln gebildet, deren Aufspringen durch die Spannungserscheinungen einer innern, verholzten Faserschicht geregelt wird. Dieser Typus ist ausserdem meistens bradyspor und, wie ich (SERN., Spridningsbiologi 335) und WEBERBAUER[1] für *Verbascum* gezeigt, oft winterständig. Treffend charakterisiert auch WEBERBAUER in der angeführten Schrift, auf ein sehr umfangreiches Material gestützt, den Fruchttypus der Familie folgendermassen: »Die Kapseln der *Scrophulariaceen* zeigen in ihrer grossen Mehrzahl jene Art von Imbibitionsbewegungen, die auch innerhalb anderer Familien am häufigsten beobachtet wurde: Sie öffnen sich beim Austrocknen und schliessen sich bei Befeuchtung» (l. c. p. 455) und »Bei den allermeisten *Scrophulariaceen* sind derbwandige und verholzte Zellen an der Innenseite der Fruchtwand angehäuft in einer Schicht oder in mehreren zusammenhängenden Schichten» (l. c. p. 443). Mit diesem Typus zeigen sowohl *Melampyrum* als auch die eben behandelten omphalosporen *Veronica*-Arten nicht nur in der äussern, sondern auch in der innern Organisation Spuren eines phylogenetischen Zusammenhanges. Die Kapseln von *Melampyrum* öffnen sich durch regelmässig loculicid aufspringende Kapseln kraft des von den Samen auf die noch frischen Kapselwände ausgeübten Druckes, bei *Veronica Cymbalaria, hederaefolia* und *panormitana* durch unregelmässiges Platzen der vertrockneten, über die Samen ausgespannten Fruchtwand. In beiden Fällen hat die innere Faserschicht, die sich an der Innenseite dieser Früchte findet, jetzt keine Bedeutung in dieser Beziehung. Sie kann daher nur als ein Erbe von Vorfahren erklärt werden, bei denen sie bei ihrer komplizierten Struktur die xerochastischen Imbibitionsbewegungen auszuführen gehabt hat, zu deren Erklärung uns STEINBRINCK, LECLERC DU SABLON und WEBERBAUER den Schlüssel gegeben.

Melampyrum steht, wenigstens meiner Erfahrung nach, im System zu isoliert, als dass man unter den heute lebenden *Scrophulariaceen* direkte phylogenetische Ausgangspunkte finden könnte. Anders verhält es sich mit den myrmekochoren *Veronica*-Arten. Sie haben innerhalb ihrer systematischen Gruppe, Sect. *Omphalospora*,

[1] l. c. p. 456.

noch lebende, verbreitungsbiologisch sehr nahe, jedoch dem gewöhnlichen *Scrophulariaceen*-Typus angehörende Verwandte, von denen (oder systematisch Nahestehenden) sie, nach allem zu urteilen, ihren Ursprung herleiten. In dieser Gruppe finden sich einige Arten, deren Funiculus jeglicher elaiosomartigen Ausbildung entbehrt. Eine davon ist *V. pedunculata* Bieb. Die Samen sind klein; sie erinnern an die der *V. persica*; die Fächer der knorpelähnlichen, in gewöhnlicher Weise aufspringenden Kapsel enthalten deren je 4. Die Blütenstiele sind in der Postfloration und Samenausstreuung abstehend, schwach S-förmig gekrümmt. Die Stengel sind etwa 25 cm hoch, aufrecht, nur am Rande der Bestände wegen des Seitendruckes aufsteigend. Aber es treten, wie schon oben erwähnt, in dieser Gruppe auch einige Arten auf, die so zu sagen auf der Grenze zwischen den obengenannten und den eigentlichen Myrmekochoren stehen. Experimentell behandelt habe ich von ihnen *V. persica* und *V. polita*. Die Samen dieser Arten besitzen ein kleines Elaiosom, das, wie die bei jener angeführten Experimente und Beobachtungen im Freien beweisen dürften, nicht ganz ohne Wirkung ist. Man kann sie jedoch nicht myrmekochor nennen, auch deuten keine sonstigen Veränderungen in der Organisation der Pflanzen diesen verbreitungsbiologischen Typus an. Bei *V. persica* ist der Stengel schliesslich hoch, aufrecht oder aufsteigend, stark mechanisch gebaut. Der Kelch hat in der Postfloration ein bedeutend weniger entwickeltes Assimilationsgewebe als z. B. *V. Cymbalaria* und *V. hederaefolia*. Der schräg auswärtsgerichtete, lange Blütenstiel macht nach der Anthese unmittelbar unter dem Kelch eine kleine Krümmung, die später bleibt und mittels deren sich die Kapsel grade auswärts wendet. Die Kapsel öffnet sich durch knorpelähnliche Klappen. Die Samen sind zahlreich, in jedem Fache etwa 8, und ungefähr 2 mm lang. Die Lücke, die zwischen diesem Typus und demjenigen besteht, der durch *V. Cymbalaria*, *hederaefolia* und *panormitana* mit ihren niederliegenden, schwachen Sprossachsen, ihrem als lokaler Assimilationsapparat entwickelten Kelche, den abwärtsgerichteten Kapseln, dem unregelmässigen Aufspringen der schwachen Kapselwand, deren Faserschicht ihre Bedeutung verloren hat, und den grossen — in jedem Fache 1 oder 2 — Samen mit kräftigen Elaiosomen, wird von *V. agrestis* ausgefüllt. Die typisch myrmekochoren Züge ihrer Organisation sind die niederliegenden Sprossachsen, die postflorale Funktion des Kelches als lokaler Assimilationsapparat, die Abwärtsrichtung und relative Samenarmut der Kapsel sowie die grossen Elaiosome, welche, wie die Experimente und die Beobachtungen in der freien Natur zeigen, sehr leistungsfähige Ameisenlockmittel sind. Aber die Zusammengehörigkeit mit dem *V. persica*-Typus ist ebenfalls deutlich. Die Sprossachsen sind nämlich kräftig gebaut und häufig aufsteigend; an Grösse und Aussehen sind ihre Samen denen der *V. persica* ähnlich; die Reduktion ihrer Anzahl — je 6 — in jedem Fache ist nicht bedeutend; die Kapsel öffnet sich in derselben Weise und ist ebenso gebaut, wie bei dieser, und macht nach dem Aufspringen dieselben xerochastischen Bewegungen. Ohne Zweifel hat sich denn auch der *hederaefolia*-Typus aus dem *persica*-Typus durch die Formen des *agrestis*-Typus als Zwischenglieder hindurch entwickelt. Die Mutationen, welche die Nabelstränge in Elaiosome umgewandelt, haben also meiner Meinung nach eine immer stärkere Entwicklung der Samen und der damit in

Beziehung stehenden Nahrungsbereitungsorgane, aber eine starke Reduktion in der Entwicklung der die Samen exponierenden und arretierenden Organe hervorgezüchtet.

Wie JUEL[1] gezeigt hat, sind aller Wahrscheinlichkeit nach die mit einer vier-nervigen Krone ausgerüsteten *Veronica*-Arten aus Arten mit fünf-nerviger Krone entwickelt. *V. Cymbalaria* und *V. hederaefolia* haben eine vier-nervige Krone. Sehr interessant ist die Tatsache, dass JUEL aus ganzanderen Gründen zu demselben Resultat wie ich gelangt ist, dass nämlich diese Arten von derjenigen Gruppe der mit fünf-nerviger Krone versehenen *Veronica*-Arten abstammen, zu denen grade *V. agrestis*, *V. persica* und *V. polita* gehören. L. c. p. 14 sagt er ausdrücklich: »Eine kleine, gut differenzierte Gruppe bilden schliesslich die beiden mit vier-nerviger Krone versehenen *V. Cymbalaria* BERT. — und *V. hederifolia* L. — Wegen ihrer Blattform und der angeschwollenen, wenigsamigen Kapsel weichen sie beträchtlich von der *agrestis*-Gruppe ab, von der sie wahrscheinlich ihren Ursprung herleiten.»

Orobanchaceae.

Lathraea Squamaria. Wie ich schon in meiner Spridningsbiologi 307 gesagt, hat der dicke, fleischige Stengel keine besondern mechanischen Gewebe. Beim Eintritt der Samenstreuung hat der Turgor des Stengels bedeutend abgenommen. Ausserdem beginnt er am Boden zu faulen, so dass man häufig lose Stengel mit noch nicht völlig entleerten Kapseln auf der Erde liegen sehen kann. Die abvärtsgerichtete Kapsel öffnet sich in zwei Klappen, deren distale Teile sich stark nach hinten krümmen, so dass die Kapseln bei der Samenentleerung weit geöffnet und die fleischigen, von Samen bedeckten Plazenten in der Verwesung begriffen sind. Tafel II, Fig. 44. Das Aufspringen derselben geht recht schnell von statten, aber ohne dass irgend welche explosive Kraft die Samen ausschleuderte.[2]

Wie jetzt allgemein anerkannt sein wird, ist LINNÉ als der Vater der Verbreitungsbiologie zu betrachten, die er mit einer erstaunlich grossen Anzahl wichtiger und scharfsinniger Beobachtungen bereichert hat.[3] LINNÉS diesbezügliche Beobachtungen kehren später in der Literatur wieder, aber ohne nähere Quellenangabe, und ich möchte daher zur Erbauung derer, die da meinen, dass diese jüngern Angaben nicht von LINNÉ herstammten, sondern aus neuen, direkten Beobachtungen geflossen seien, *Lathraea* als ein Beispiel davon anführen, wie man so reichlich aus LINNÉS Werken geschöpft, dass man, ohne es zu merken, auch seine Irrtümer mit in den Kauf genommen hat. Ich kann nämlich für die in der Literatur[4] vor HEIN-

[1] De floribus Veronicarum.

[2] Der erste, der in der Literatur gezeigt, dass die *Lathraea*-Kapseln nicht explosiv seien, ist E. HEINRICHER, Biol. Studien an Lathraea p. 15.

[3] SERN., Spridningsbiologi 1.

[4] Z. B. LUDWIG, Biologie der Pflanzen, p. 348: »Diejenigen *Schleudereinrichtungen*, mit denen nicht eine Ausrüstung zur Verbreitung durch den Wind oder durch Tiere verbunden ist, sind meist Bewohnern von Orten eigen die für die Verbreitung durch den Wind ungünstig sind (z. B. — — Lathraea Squamaria — etc. im schattigen, mehr oder weniger windfreien Waldgrunde)». P. 338—339 gehört auch *Lathraea* »Zu den Pflanzen, bei denen *die Samen im Augenblicke des Oeffnens durch die schraubige Drehung der Fruchtklappen ausgeschleudert werden.*

RICHER geläufige Auffassung, dass diese Pflanze mit Schleuderfrüchten versehen sei, keine andere Primärquelle finden als LINNÉ, und zwar wahrscheinlich die Worte der Philosophia botanica p. 87: »*Elasticae* longe propellunt Semina. — Mucrone: — *Lathraea*».

Die grösste Gattung der Familie, *Orobanche* selbst, hat ja in ihrer Biologie und ihrem ganzen Habitus viele Punkte mit *Lathraea* gemein. Während diese ausgesprochen tachyspor ist, sind die *Orobanche*-Arten ebenso entschieden bradyspor. Sie sind anemochor mit verholzten Stengeln. Bei Florenz habe ich 19 $^{19}/_{3}$ 03 eine *Orobanche*-Art als Wintersteher erblickt; und *O. alba* rubra* hat NORÉN[1] auf der Insel Gotska Sandön 19 $^{12}/_{7}$ 03 mit vorjährigen Stengeln gesehen. — Ein biologisch nahe verwandter Typus aus einer ganz andern Familie, *Monotropa*, ist ebenfalls Wintersteher.[2]

Valerianaceae.

Fedia Cornucopiae: In dem Kapitel, das von der Organographie der Verbreitungseinheiten handelt, sind schon die verschiedenen Formen der Früchte und Verbreitungseinheiten beschrieben und charakterisiert worden, die ich bei dieser jedenfalls heterokarpischsten Pflanze unter allen, die wir kennen, habe entscheiden können. Sie gehört wegen ihrer ganzen Organisation dem in den Mittelmeerländern, und zwar nicht am wenigsten unter den *Valerianaceen*, so häufigen hapaxanthischen Typus, an dem beim Eintritt des eigentlichen Sommers alles ausser dem Samen vertrocknet ist. Die Entwicklung der Ameisenfrüchte hat nicht den geringsten Einfluss auf diese Organisation gehabt.

Unter den *Valerianaceen* gibt es meines Wissens sonst keine Früchte, die diesen Ameisenfrüchten entsprächen, aber ein Blick auf die übrigen Fruchttypen der Familie macht auf mich den entschiedenen Eindruck, dass bei der lebhaften Entwickelung, die hier in noch sehr junger Zeit stattgefunden haben muss und wahrscheinlich noch immer stattfindet, die Mutationen vor allem die Form der Frucht betroffen haben müssen. Die Früchte, auch die von einander nahestehenden Arten, sind nämlich sehr verschieden. Heterokarpie kommt bei einigen Arten einer der grössten Gattungen der Familie vor, nämlich *Valerianella* (besonders Sektion *Cornigerae*), und die individuelle Variation, unter der sich Fälle von Mutation und Heterokarpie jedenfalls verbergen, ist sehr gross. Ich möchte beispielshalber einen Blick auf die Tafeln in KROK, Monografi öfver växtfamiljen *Valerianae*. I. *Valerianella* empfehlen.

Dipsaceae.

Während die zur Gruppe B gehörenden Myrmekochoren, — es bestehen andere Einrichtungen zur ersten Entfernung der Verbreitungseinheiten von der Mutterpflanze — in den Organisationserscheinungen, die zu den eigentlichen verbreitungsbiologischen Phänomenen in Beziehung gebracht werden können, ausser was die Frucht oder den Samen betrifft, nur schwache Spuren einer durch Myrmekochorie beeinflussten Ent-

[1] *Orobanche alba* funnen på Gotska Sandön.
[2] SERN., Spridningsbiologi 387.

wicklung tragen, sind dieselben bei den myrmekochoren den *Trichera*-Typus bildenden *Dipsaceen* nicht unbedeutend davon betätigt.

Erstens ist zu bemerken, dass die 4 *Trichera*-Arten, — *T. arvensis, atrorubens, silvatica* und *orientalis*, — die ich von diesem Typus kenne, ausgesprochene Tachysporen sind. Nach Schluss der Anthese welkt zuerst die Krone, die dann bald abfällt. Die bei der Fruchtreife noch grünen Hüllblätter trocknen bald und werden sofort nach dem Abfallen der letzten vollentwickelten Verbreitungseinheit braun. Dieses Abfallen erfolgt in Mittelschweden bei *T. arvensis* etwa 1 Monat nach Beendigung der Anthese der letzten Blüte der Infloreszenz. Die hier eingefügte Tabelle gibt uns ein Beispiel von dem näheren Verlauf dieser Entwicklung.

Zwei morphologisch verschiedene Grundorgane nehmen bei diesen *Trichera*-Arten an dem lokalen Nahrungsbereitungsapparat teil, mit dem die Myrmekochoren so häufig ihre Verbreitungseinheiten während der postfloralen Entwicklung derselben umgeben. In der Postfloration wachsen nämlich Hüll- und Kelchblätter an, und hierbei nehmen ihre Assimilations- und Leitungsgewebe bedeutend zu, ohne dass jedoch mechanische Elemente zur Ausbildung gelangen. Der Kelch ist schliesslich verhältnismässig klein und seine Funktion als Fallschirm unbedeutend; nicht selten fällt er mit seiner Verbreitungseinheit zugleich ab. Die Hüllkelchblätter werden dagegen um so grösser. Sie stehen mittels eines gut ausgebildeten Leitungsgewebes mit der Insertionsfläche der Verbreitungseinheiten in Verbindung.

Zugleich mit den Hüllblättern beginnt der Stengel basipetal zu welken. Er ist bisjetzt elastisch und etwas ballistisch gewesen, und dies ist eine der Ursachen, weshalb ich trotz der schwachen Verbreitungsfunktion des Kelches den *Trichera*-Typus zur Abteilung B zähle. Die Entwicklung der mechanischen Elemente ist bei den beiden Arten, *T. arvensis* und *T. atrorubens*, die ich in dieser Beziehung untersucht habe, etwas verschieden. Erstere schliesst sich näher an den der Familie wahrscheinlich ursprünglicheren Stammbautypus, den ich im folgenden beschreiben werde.[1] Während der Anthese des Körbchens besteht das mechanische System aus der Epidermis und einer darunter liegenden stereomatischen Zellschicht, die sich an den Rippen des Stieles durch noch eine oder mehrere ähnliche Schichten verstärkt. In der Postfloration treten einige schwache, aber charakteristische Verstärkungen auf. Dicht unter dem Assimilationsgewebe entsteht eine Spur von Stereommantel, indem sich die Wände einiger Zellschichten etwas verdicken. Die Gefässbündel vereinigen sich miteinander mittels eines zusammenhängenden, mächtigen, sekundären Holzmantels, der hauptsächlich aus Holzfasern besteht und sich nach innen durch Verholzung von etwa 5 der äussersten Zellschichten des Markes verstärkt. *T. atrorubens* ist bedeutend schwächer gebaut. Das Hypoderm verhält sich ungefähr ebenso, aber der Stereommantel ist noch schwächer angedeutet, und das sekundäre Holz entwickelt sich nur lokal und wird nicht von Markzellen verstärkt.

In den eben beschriebenen Entwicklungserscheinungen spiegeln sich die ge-

[1] Die Schnitte, auf die sich diese Übersicht des mechanischen Systems der *Dipsaceen*-Stengel gründet, sind 1—2 cm unter der Hülle gemacht.

wöhnlichen, den Myrmekochoren charakteristischen Züge sowohl der Reduktion gewisser als auch der lokal verstärkten Entwicklung anderer Organe wieder.

Die *Dipsaceen* sind meistens bradyspor; so sind die *Dipsacus*-Arten z. B. ausgesprochene Wintersteher. Der Stengel dieser Bradysporen, von denen die meisten ausserdem ausgeprägt anemochor sind, ist ballistisch und sehr kräftig gebaut. Bei *Scabiosa Columbaria* besteht beispielsweise in der Anthese das mechanische System des Stengels teils aus einem 2—3 schichtigen Hypoderm, unter dem unmittelbar das Assimilationsgewebe beginnt, teils aus einem sehr starken, gewellten, sekundären Holzmantel. In der Postfloration vergrössert sich nicht nur dieser Holzmantel nach aussen, sondern er verstärkt sich auch mechanisch nach innen durch Verholzung der peripherischen Markpartieen. Einer Potenzierung dieses Aufbaues begegnen wir bei *Scabiosa cretica* (Untersuchungsmaterial: Sizilien, Monte Pellegrino, sonnige Felsenwand $19^{15}/_{5}03$). Hypoderm, sekundärer Holzmantel und innere Verstärkungen der Gefässbündel gestalten sich ungefähr in derselben Weise wie bei *Scabiosa Columbaria*, aber hierzu kommt noch, dass der Stereommantel unter dem Assimilationsgewebe eine Mächtigkeit von 5—6 Zellschichten erhält. Ein frühes Abwelken des Stengels wie bei den *Trichera*-Arten kommt bei den *Scabiosa*-Arten nicht vor. — Auch Tachysporen, die keine Myrmekochoren sind, finden sich in der Familie. Eine derartige *Succisa pratensis*. Das mechanische System des Stengels bleibt auch schwächer, d. h. so wie bei der am wenigsten reduzierten der beiden obengenannten Myrmekochoren. In der Anthese besteht es nämlich hauptsächlich aus einem schwachen Hypoderm, während in der Postfloration noch das sekundäre Holz mit seinen, von der äussern Markschicht ausgehenden Verstärkungen und die schwachen Spuren eines Stereommantels dicht ausserhalb des Pericyklus hinzukommen. Unmittelbar bei oder nach dem Abfallen der letzten Verbreitungseinheiten beginnt das den *Trichera*-Arten charakteristische Verwelken des Stengels.

Ein zweiter Punkt der Organisation, auf der die Myrmekochorie die Reduktion des, wie ich vermute, ursprünglicheren anemochoren Typus herbeigeführt hat, ist der Fruchtboden. Die zahlreichen anemochoren Arten der Gattung *Scabiosa*, die systematisch wohl nicht so weit von *Trichera* entfernt sein können und hier daher noch immer als Vergleichsmaterial dienen müssen, haben einen langen, ausgedehnten, eiförmigen, als exponierendes Organ dienenden Fruchtboden. Bei *Trichera*, bei der eine solche Exposition ohne Bedeutung wäre, ist er kurz und von halbkugeliger Form.

In der Verbreitungseinheit selbst hat die Reduktion besonders den Aussenkelch betroffen. Seine untere Partie schliesst sich dicht um die Frucht und bildet nicht, wie bei *Scabiosa*, einen luftgefüllten, weiten Sack um dieselbe. Von dem Saum, der sich bei *Scabiosa* zu einem breiten häutigen Fallschirm ausbreitet, ist bei *Trichera* nur ein rudimentärer Wulst übrig. Diese abweichende Gestalt des Aussenkelches bildet grade den Unterschied der Gattungen *Scabiosa* und *Trichera* (= *Knautia* Coult, Höck in Engler & Prantl).

Kelch- und Hüllblätter sind die Teile, in denen sich eine etwas vermehrte Kraft der Entwicklung in myrmekochorer Richtung geltend macht. Die Hüllblätter

Trichera

Entwicklung einiger Infloreszenzen.

	$^{21}/_{7}$	$^{1}/_{8}$	$^{2}/_{8}$	$^{3}/_{8}$	$^{4}/_{8}$	$^{5}/_{8}$	$^{6}/_{8}$	$^{7}/_{8}$	$^{8}/_{8}$
Nr 1	Blüten in beginneder Postfloration 3 Blumenkronen übrig, noch frisch.	Die 3 Blumenkronen beginnen zu trocknen.	Blumenkronen vollständig trocken.	Ebenso.	Ebenso.	Ebenso.	Ebenso.	1 übrig.	Ebenso.
Nr 2	Äussere Blüten in voller, innere in beginnender Anthese.	Alle Blumenkronen beginnen zu trocknen.	Blumenkronen vollständig trocken.	Einige Blumenkronen abgefallen.	10 übrig.	7 übrig.	Ebenso.	Ebenso.	Ebenso.
Nr 3	Blüten in beginnender Postfloration. 5 Blumenkronen übrig, noch frisch.	Ebenso.	Ebenso.	Die Aussenkelche beginnen gelb zu werden.	4 Blumenkronen übrig.	Ebenso.	Ebenso.	Ebenso.	Ebenso.
Nr 4	Blüten am Ende der Anthese. Blumenkronen mit schwach beginnender Verwelkung.	Verwelkung fortgeschritten.	16 Blumenkronen übrig.	4 übrig.	3 übrig.	Ebenso.	Ebenso	Ebenso.	Ebenso.

arvensis.

Klockarhyttan, Grasflur, Spätsommer 1901.

$^{9}/_{8}$	$^{10}/_{8}$	$^{11}/_{8}$	$^{12}/_{8}$	$^{13}/_{8}$	$^{29}/_{8}$	$^{30}/_{8}$	$^{31}/_{8}$	$^{5}/_{9}$	$^{10}/_{9}$
Ebenso.	Ebenso.	Ebenso.	Ebenso.	Ebenso.	Alle Früchte abgefallen. Hüllblätter braun.		—	—	—
Ebenso.	6 übrig.	5 übrig.	Ebenso.	Ebenso.	Einige Früchte abgefallen. Hüllblätter grün.	Ebenso.	Alle Früchte, 10 missgebildete ausgenommen, abgefallen. Hüllblätter grün.	Die missgebildeten Früchte übrig. Hüllblätter braun.	Einige missgebildete Früchte übrig.
Ebenso.	Ebenso.	Ebenso.	Ebenso.	Ebenso.	Früchte, einige missgebildete ausgenommen, abgefallen. Hüllblätter braun.	Ebenso.		—	Hüllblätter abgefallen.
Ebenso.	Ebenso	Ebenso.	Ebenso.	2 übrig.	Früchte, einige missgebildete ausgenommen, abgefallen. Hüllblätter braun.	Ebenso.	—	—	—

Fig. 27. *Centaurea dealbata.* H. B. U. 19 $^{18}/_{9}$ 05. Früchtstände. Vermindert.

Fig. 28. *Centaurea Scabiosa.* H. B. U. 19 $^{18}/_{9}$ 05. Fruchtstände. Vermindert

und ihr Assimilationsgewebe wachsen zwar auch bei *Scabiosa* in der Postfloration an, aber nicht so stark wie bei *Trichera*. Der Kelch besteht aus zwei Teilen, einem schalenförmigen, basalen und mehreren daran sitzenden Borsten (die 4 *Trichera*-Arten, *Scabiosa leucophylla*, *lucida*, *micrantha* u. a.). Der schalenförmige Teil ist lebhaft grün und ist auch bei *Trichera* am kräftigsten entwickelt. Die Funktion der Borsten muss erst empirisch untersucht werden. Sie sind bei beiden Gattungen schon in der Anthese ausgewachsen und haben aufwärtsgerichtete, spitze und starre Haare; sie erschweren ohne Zweifel Insekten, die auf illegitime Weise den Nektar holen wollen, jeden von der Seite der Kronenröhre beabsichtigten Einbruch. In der Postfloration bilden sie einen die ganze Fruchtsammlung bedeckenden, dichten Wald von scharfen Spitzen. Bei *Scabiosa* sind sie länger und mehr xerophil gebaut, während bei *Trichera* das Assimilationsgewebe höher an den Proximalteil hinaufreicht.

Compositae.

Die Anemochorie, die den primären Faktor in der Verbreitungsbiologie der myrmekochoren Kompositen, d. h. des *Amberboa*- und des *Galactites*-Typus, bildet, ist bekanntlich in dieser Familie stark vorherrschend. Von den vielen hundert Verfahren, nach denen die Kompositen diesen Verbreitungsmodus variiert haben, sind auch hier einige der gewöhnlichsten, die aus Haaren oder Scheibchen gebildeten Fallschirmvorrichtungen, benutzt worden.

Die neuen biologischen Faktoren, welche die Entwicklung der Elaiosome hervorgerufen hat, haben die floralen Achsen, die Hüllkelchblätter, die Dauer der Fruchtverbreitung etc. nur wenig oder gar nicht umwandeln können; nur ein paar Züge in der Organisation des Fallschirmapparates selbst stehen mehr oder weniger deutlich zu der Myrmekochorie in Beziehung.

In der Gattung *Centaurea* z. B. behalten bei den myrmekochoren Arten die Hüllkellchblätter auch jetzt noch ihre komplizierte xerochastische Struktur (Fig. 27 u. 28), und die Stengel (der untersuchten Arten, *C. Cyanus*, *depressa*, *ochroleuca* und *Scabiosa*) haben ihre starken mechanischen Verstärkungen: Bastschienen um die Gefässbündel, interfaszikulares Stereom und subepidermales Kollenchym, wie die nicht myrmekochoren Arten, z. B. *C. eriophora*. Die starke Erweiterung des Blütenkorbbodens und der obern Partie des Stengels, die in der Postfloration bei einigen myrmekochoren *Centaurea*-Arten, eintritt, z. B. bei *C. ochroleuca* (vgl. Taf. III, Fig. 111), kehrt auch bei den nicht myrmekochoren Arten wieder. In dem *Galactites*-Typus findet sich jedoch in der Entwicklung der Achsen eine Erscheinung, die, wenn ihr Verhalten bei andern Gliedern der Familie nicht so gut wie unbekannt wäre, als eine Reduktionserscheinung aufzufassen wäre. Es ist dies die bei einigen Arten, besonders bei *Carduus pycnocephalus*, häufige Tatsache, dass sich der Korb in der Fruchtreife von seinem Stiele löst, dessen Rindenparenchym zuerst eine kleine lokale Erweiterung erfährt, dann aber sehr schnell am Insertionspunkte selbst eingeschnürt wird.

Die hierhergehörigen Pflanzen sind eigentlich tachyspor, aber in der im vorigen Kapitel beschriebenen Weise können einige *Centaurea*-Arten auch Wintersteher werden. Den Verlauf der Verbreitung exemplifiziert am besten folgende Tabelle.

Centaurea

Klockarhyttan, an West-

Nr 1—5 alle Körbe eines; Nr 6 und 7 die

	$^{30}/_{7}$	$^{31}/_{7}$	$^{1}/_{8}$	$^{2}/_{8}$	$^{3}/_{8}$	$^{4}/_{8}$	$^{5}/_{8}$	$^{6}/_{8}$	$^{7}/_{8}$	$^{8}/_{8}$	$^{9}/_{8}$	$^{10}/_{8}$	$^{11}/_{8}$	$^{12}/_{8}$
Nr. 1.	Knospe.	—	—	—	—	—	—	—	Die Spitzen einiger Blumenkronen ragen aus der Spitze des Hüllkelches empor.	Volle Anthese.	—	—	Kronen beginnen zu welken	Nur die Mittel-Blüten frisch.
Nr. 2.	Knospe.	—	—	—	Blumen-Kronen durchbrechen die Spitze des Hüllkelches.	Volle Anthese.	—	—	—	—	Kronen beginnen zu welken.	—	—	Postfloration.
Nr. 3.	Blumenkronen durchbrechen die Spitze des Hüllkelches.	Volle Anthese.	—	—	Strahlblüten beginnen zu welken.	—	Alle Blüten verwelkt.	—	—	—	—	—	—	—
Nr. 4.	Postfloration. Keine Kronen abgefallen. Alle verwelkt. aber nicht verdorrt.	—	Kronen beginnen zu verdorren.	Ganz verdorrt.	—	—	—	—	—	—	—	Hüllkelch geschlossen.	Hüllkelch offen. Um 5^{h} Nm lagen 43 während des Tages abgefallne am Boden; 11 übrig.	10 übrig.
Nr. 5.	Volle Anthese.	Kronen beginnen zu welken.	Beginnen zu verdorren.	Ganz verdorrt.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Nr. 6.	Postfloration. Kronen im Begriff abzufallen.	—	Hüllkelche öffnen sich. Hüllen beginnen abzufallen.	Hüllkelch weitgeöffnet, keine Früchte herausgefallen, einige erheben sich über die andern.	15 Früchte übrig.	Ebenso.	11 übrig.	Ebenso.	Ebenso.	10 übrig.	Ebenso.	Ebenso.	Ebenso.	Ebenso.
Nr. 7.	Hüllkelch offen mit zahlreichen Früchten.	—	—	—	—	14 Früchte übrig.	Ebenso.	Ebenso.	Ebenso.	Ebenso.	Ebenso.	Ebenso.	10 übrig.	Ebenso.

Scabiosa.

wand. Spätsommer 1901.

eines andern Stengels, von unten gezählt.

13/8	14/8	15/8	16/8	17/8	30/8	31/8	2/9	3/9	5/9	6/9	7/9	10/9
—	—	—	—	—	Hüllkelch um die Fruchtsammlung geschlossen.	Ebenso.	Ebenso.	Hüllkelch öffnet sich an der Südseite.	Hüllkelch weitoffen; 6 Früchte übrig.	Ebenso.	Ebenso.	Ebenso.
—	—	—	—	—	Geschlossener Hüllkelch, im Begriff sich zu öffnen. Eine Frucht sichtbar.	Halb geöffnet gegen Süden. 6 Früchte sichtbar.	Halbe Fruchtsammlung leer.	Hüllkelch weitoffen; 10 Früchte übrig.	Ebenso.	Ebenso.	Ebenso.	Ebenso.
—	—	—	—	—	Hüllkelch offen. Früchte entleert.	—	—	—	—	—	—	—
6 übrig, am Nachmittage 3.	2 übrig.	Regen, während dessen die Hüllkelche geschlossen waren.		Hüllkelch leer.	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	Hüllkelch offen, Früchte entleert.	—	—	—	—	—	—	—
Ebenso.	6 übrig.	Regen, während dessen die Hüllkelche geschlossen waren.		Hüllkelch leer.	—	—	—	—	—	—	—	—
Ebenso.	—	—	—	—	Hüllkelch weitoffen. 1 Frucht übrig.	Ebenso.	Ebenso.	Ebenso.	Ebenso.	—	—	—

Die eben angedeuteten Veränderungen des Fallschirmapparats bestehen bei der Gattung *Centaurea* in der Verminderung der die anemochoren Arten auszeichnenden Länge der Pappushaare. Ich verweise hierfür auf die in dem vorigen Kapitel erwähnte und illustrierte Progression der Reduktion, welche die 7 von mir behandelten Arten zeigen. Der unbedeutende Pappus, der die Achänien z. B. von *C. dealbata*, *montana* und *ochroleuca* krönt, kann nur für ein reduziertes Organ erklärt werden. Die Trichome, aus denen er zusammengesetzt ist, sind sehr kurz — bei *C. dealbata* etwa 3, bei *C. montana* etwa 2 und bei *C. ochroleuca* etwa 1 mm lang. Da sie ausserdem sehr spröde sind und schon bei der leisesten Berührung abfallen, scheinen sie kaum eine eigentliche Funktion zu haben, wenn nicht vielleicht die, während der Postfloration mitbehülflich zu sein, das Innere des Korbes abzusperren. Wenn diejenigen Arten, die einen so rudimentären Pappus besitzen, nicht so ohne irgendwelche Grenze mit denjenigen myrmekochoren Typen, die einen bei der Verbreitung wirksamen Pappus haben, verbunden wären und wenn nicht überdies die ballistischen Eigenschaften des Stengels eine Rolle in der Verbreitungsbiologie derselben spielten, so wären eigentlich auch sie dem *Hepatica*-Typus zuzuzählen. *Amberboa* selbst zeigt auf alle Fälle wegen seines grossen scheibenförmigen Fallschirms die Form, in der dieser anemochore Apparat am wirksamsten ist. Phylogenetisch interessant ist die Tatsache, dass diese schwachen Trichome noch immer die spitzen, emporgerichteten, kleinen Borsten tragen, die bei den mit besser entwickelten Pappus versehenen *Centaurea*-Arten während der autochoren Bewegung der Achänien als Widerhaken dienen und die, was die myrmekochoren Arten betrifft, für *C. Cyanus* und *C. Scabiosa* eine gewisse Bedeutung haben, wenn auch nur die, das Achänium zwischen Vegetationsresten in den Boden hineinzubohren. — Eine hierhergehörende Erscheinung, über deren phylogenetische Beziehung ich mich aber ebensowenig aussprechen will wie über das Abfallen der Körbe, liegt darin, dass in der *Galactites*-Gruppe der Pappus sich ausserordentlich leicht von der Frucht ablöst. Bei *Carduus pycnocephalus* geschieht dies in einem so grossen Umfange, dass wohl die Hälfte aller Achänien in der unmittelbaren Nachbarschaft der Mutterpflanze niederfallen. Eine Reduktion in der Ausbildung der Pappushaare, wenn wir sie mit denen der verwandten elaiosomlosen Arten vergleichen, ist hier nicht zu entdecken (vgl. Tafel III, Fig. 126—132). Die gesamte Pappushaarmenge hat hier auch die Aufgabe, den Hüllkelch zu öffnen, was dadurch geschieht, dass sie bei der Fruchtreife die Spitzen der Hüllkelchblätter auseinandertrennt.

Der *Galactites*-Typus ist gegen die Anemochoren der Gattungen *Carduus* und *Cirsium* schlecht begrenzt. Als myrmekochore Arten dieser beiden Gattungen sind oben *Carduus Kerneri*, *C. nutans* und *C. pycnocephalus* sowie *Cirsium acaule* aufgenommen worden. Wie die Abbildungen des Mamillons von *Carduus crispus* (Tafel III, Fig. 126 und 127) und von *Cirsium lanceolatum* (Tafel VII, Fig. 149) zeigen, hat es dieselbe Elaiosomnatur wie bei den zuerst genannten Arten, wenn auch die unzulänglichen Experimente dem zu widersprechen scheinen. Von diesen beiden zuletzt genannten Arten ist der Übergang leicht zu faktisch nicht myrmekochoren Arten, z. B. *Cirsium palustre*, dessen Mamillon sehr klein und bei der Fruchtreife

verschrumpft ist. Der Umfang des Typus muss noch näher bestimmt werden, vor allem durch umfassendere Experimente. Besonders empfehle ich *Carduus defloratus* und *Tyrimnus leucographus* als Ausgangspunkte für solche Untersuchungen. Beide besitzen nämlich nicht nur deutliche Mamillonelaiosome, sondern sie sind auch durch die den besten Representanten des *Galactites*-Typus eigentümlichen Erscheinungen charakterisiert: Körbe nicht selten in ihrer Gesamtheit abfallend; Pappus sehr leicht von dem Achänium sich trennend.

Rückblick.

Wie schon in der Einleitung dieses Kapitels gesagt worden ist, dürften vorzugsweise zwei Faktoren in der Biologie der Myrmekochoren, was gewisse Teile ihrer Organographie und fast ihre ganze postflorale Entwicklung betrifft, dieselben den anderen verbreitungsbiologischen Typen und namentlich den Anemochoren so unähnlich gestalten; es sind dies die verminderten Ansprüche der Verbreitungseinheiten an *Arretierung*, bezw. *Exposition*. Wir wollen nur für sämtliche oben behandelte Myrmekochoren der verschiedenen Familien in grösster Kürze die verschiedenen Verfahren zusammenfassen, nach denen diese Faktoren die Organographie und Entwicklungsgeschichte der diesbezüglichen Pflanzen umgewandelt haben.

Tachysporie und Bradysporie. Wenn wir von der oben gegebenen Definition der Tachy- bezw. Bradysporie ausgehen, d. h. Tachysporen nennen wir diejenigen Pflanzen, deren Infloreszenzen kurz nach dem Eintritt der ersten Blüte in die Postfloration ihre Verbreitungseinheiten entleeren, Bradysporen dagegen diejenigen, welche hierfür einer langen Zeit bedürfen, so gehören die meisten, jedoch nicht alle Myrmekochoren zu der ersten Kategorie. Diese Ausnahmen bilden einige *Centaurea*-Arten mit hygroskopischen Hüllkelchblättern, die sehr lange — bis in den Winter hinein — einen Teil der Fruchtmasse in ihrem Innern arretieren können. Dahin könnte man auch, wenn man wollte, nicht nur gewisse Arten mit cymösen Infloreszenzen, wie z. B. *Borrago officinalis*, *Symphytum officinale* und andere *Borragineen*, sondern auch gewisse Arten mit racemösen Infloreszenzen, wie z. B. *Polygala vulgaris* zählen, die unter günstigen Umständen ihre Blüte über einen grossen Teil der Vegetationsperiode ausdehnen. Aber sowohl bei diesen als auch bei andern Myrmekochoren treten die tachysporen Anlagen deutlicher hervor, wenn man von der Zeit ausgeht, wo sich die myrmekochoren Verbreitungseinheiten von den den Blütenstand bildenden Einheiten niederen Grades ablösen. So sind z. B. bei den genannten *Borragineen* schon kurze Zeit nach Beendigung der Anthese der einzelnen Blüten ihre Teilfrüchte nicht nur reif, sondern auch abgefallen. Noch ein aufs Gratewohl gewähltes Beispiel: Bei *Melica nutans* fallen die myrmekochoren Verbreitungseinheiten schon im Hochsommer aus den Ähren, während die anemochoren derselben Ähren noch lange, zum Teil bis zum Eintritt des Winters, sitzen bleiben.

Wie distinkt sich die Entwicklung in der Richtung der Tachysporie gestaltet hat, sieht man vielleicht am deutlichsten, wenn man die Myrmekochoren mit verwandten, aber verbreitungsbiologisch anders beschaffenen Formen vergleicht. In den

obigen Abschnitten sind solche vergleichende Untersuchungen mehrfach angestellt worden. Ich brauche beispielsweise nur an die Gattungen *Luzula*, *Potentilla*, *Primula* und *Myosotis* zu erinnern, und *Luzula pilosa*, *Potentilla alba*, *Primula acaulis* sowie *Myosotis sparsiflora* mit ihren schon im Vor- und Hochsommer entleerten Infloreszenzen, den durchaus winterständigen *Luzula multiflora*, *Potentilla argentea*, *Primula elatior* sowie *Myosotis silvatica* gegenüberzustellen.

Die Entwicklung der floralen Achsen. Beim vergleich mit andern verbreitungsbiologischen Typen erscheinen die Myrmekochoren in bezug auf die mechanische Ausrüstung ihrer floralen Achsen im allgemeinen recht schwach. Dies gilt sowohl von ihren jüngeren als auch vor allem von ihren älteren Entwicklungsstadien. Die postfloralen Verstärkungen sind nämlich in der Regel sehr unbedeutend. Wie bei der Tachysporie liessen sich auch hier aus der obigen Darstellung mehrere in dieser Beziehung beleuchtende Vergleiche zwischen Myrmekochoren und den ihnen verwandten Arten mit anderer Verbreitungsbiologie heranziehen. Ich erinnere an den Unterscheid im Bau des Stengels und des Blütenstiels bei den anemochoren und bei den myrmekochoren Arten der Gattungen *Scilla*, *Anemone*, *Primula* usw. Ferner erinnern wir uns, dass die Achsen vieler Myrmekochoren so schwach sind, dass nicht nur die Fruchtstiele während der Postfloration herabhingen, sondern auch die ganze Infloreszenz, sobald die Verbreitungseinheiten ausgebildet waren, durch das Gewicht derselben zu Boden gezogen wurde. Als Beispiele hiervon seien genannt: *Allium ursinum*, *Puschkinia*, *Scilla sibirica*, *Hepatica triloba*, *Corydalis fabacea*, *Viola odorata* u. a. Was die anatomische Beschaffenheit der floralen Achsen betrifft, ist es eine sehr häufige Tatsache, dass die Turgeszenz der parenchymatischen Gewebe, besonders die des Rindenparenchyms, der wichtigste mechanische Faktor ist, und dass das Herabhängen der Achsen nicht nur durch das Gewicht der heranwachsenden Verbreitungseinheiten an und für sich, sondern auch durch die zugleich abnehmende Turgeszenz dieser Gewebe der tragenden Partieen bedingt wird. Finden sich spezielle mechanische Gewebe, so ist es charakteristisch, dass dieselben oft aus Collenchym bestehen (z. B. bei *Corydalis nobilis*).

Es giebt jedoch wichtige Ausnahmen von der allgemeinen Regel der Schwäche des mechanischen Systems der floralen Achsen. Die meisten finden sich in der Gruppe B des Typenschemas, in der grade die erste Trennung der Verbreitungseinheiten von der Mutterpflanze mehrere Verstärkungen im Bau der sie exponierenden Achsen hervorruft. Bei den Explosiven äussert sich dieses Bedürfnis nicht so stark in mechanischen Verstärkungen; dagegen findet man, dass mehrere Myrmekochoren, deren Verbreitungseinheiten mit mehr oder weniger vollkommenen, im Dienste der Anemochorie stehenden Organisationsgebilden versehen sind, ballistische Stiele und Stengel besitzen, und dass diese Eigenschaft derselben mit dem Auftreten recht starker und gut differenzierter mechanischer Elemente zusammenhängt. Am deutlichsten begegnet uns diese Erscheinung in dem *Amberboa*-Typus, sowohl in der Gattung *Amberboa* selbst als auch bei den *Centaureen*. Im Bereiche der nordischen Flora erinnern wir an die ausserordentlich stark gebauten vegetativ-floralen Achsen von *C. Jacea* und *C. Scabiosa*.

Dass die mechanischen Gewebe der Halme und Stengel der *Gramineen* und *Cyperaceen* so unbedeutende Reduktionen erfahren haben, ist ein entwicklungsgeschichtlich interessantes Faktum und hängt innig mit dem fixierten Charakter überein, der auch mehrere andere Organe dieser Familien anzuzeichnen scheint. Ich erinnere z. B. an die Blattform, die bei hunderten, um nicht zu sagen tausenden von Gräsern und Halbgräsern so durchgehends einheitlich ist, und doch leben so viele unter total verschiedenen Verhältnissen, die in andern Familien die bunteste Mannigfaltigkeit der betreffenden Blatt-Grundtypen verursachen.

Die Ausbildung der Fruchtwand und des Kelches. Die arretierende Bedeutung, die nach der Reife die Fruchtwand für die Samen, und in gewissen Fällen der Kelch für die Früchte mehrerer verbreitungsbiologischen Typen haben, besteht nicht in demselben Grade auch bei den Myrmekochoren. In den *Puschkinia*- und *Viola odorata*-Typen fliessen, wie aus dem speziellen Teile zur Genüge hervorgeht, die Beispiele von der Reduktion des mechanischen Systems der Fruchtwand reichlich. Wenn sich die Kapseln geöffnet, ziehen sich die Klappen wegen der verschwindenden Turgeszenz der Parenchymzellen häufig zu unbedeutenden Membranen zusammen die keine Bedeutung mehr für das Zurückhalten der Samen besitzen, während gleichzeitig z. B. bei mehreren *Liliaceen*, *Corydalis*-Arten usw. Blätter und Stengel verdorren. Dagegen kommt häufig eine relativ starke postflorale Entwicklung des Parenchyms der Fruchtwand vor, die wahrscheinlich zu den gesteigerten Ansprüchen an Leitung und Nahrungsbereitung in Beziehung steht, welche die grossen Samen der betreffenden Myrmekochoren und ihr Elaiosom an diese Organe stellen.

Das Bedürfnis der myrmekochoren Verbreitungseinheiten an gesteigerter Zufuhr von plastischen Nährstoffen äussert sich noch bestimmter in der Entwicklungsgeschichte des Kelches. Seine arretierende Aufgabe tritt, wie oben erwähnt, ganz zurück. Der äussere und innere Kelch der *Potentilla*-Arten z. B. dient infolge des festen Baues bei vielen Arten als biologische Kapselwand; bei *P. alba* ist diese Funktion ganz verloren gegangen. Dafür erhält derselbe aber oft eine andere Aufgabe, nämlich die eines lokalen Assimilationsapparats, dessen Assimilate ohne Zweifel zunächst den herauswachsenden Verbreitungseinheiten zugute kommen. Nichts ist häufiger, als dass die Kelchblätter in der Postfloration stark anwachsen und dabei immer lambblattähnlicher werden. Ich erinnere z. B. an die starke postflorale Entwicklung des Kelches der *Borragineen:* einer *Borrago*, einer *Nonnea* usw. Nach dem Abfallen der betreffenden Verbreitungseinheiten verwelkt der Kelch entweder, was das Gewöhnlichste ist, oder er lebt weiter und nimmt an der Ernährungsökologie der ganzen Infloreszens teil, wie z. B. grade bei den genannten *Borragineen.*

Wie der Kelch, so verhalten sich auch diejenigen Hochblätter, die seine biologische Funktion übernommen haben. Schöne Beispiele hiervon geben u. a. die Hochblätter von *Aremonia*, die in der Postfloration stark anwachsenden, nach der Samenverbreitung sofort welkenden Hüllblätter von *Hepatica triloba* und von *Trichera arvensis.* In dem *Galactites*-Typus fällt bei *Galactites* selber und bei *Carduus*

pycnocephalus bei oder nach dem Herauspressen der Früchte häufig das ganze Blütenköpfchen ab, dessen Schuppen, wie meistens bei dem *Compositeen* im allgemeinen und nicht nur bei den myrmekochoren Formen derselben, während der Postfloration an Grösse zunehmen.

Die karpotropischen Biegungen. Eine sehr gewöhnliche Erscheinung, die in den verschiedenartigsten Gebieten des Systems der phanerogamen Pflanzen wiederkehrt, ist die, dass die Blütenstiele (bezw. die Blütenstandachsen) in den einzelnen Stadien der Entwicklungsgeschichte der Blüte eine Reihe mehr oder weniger komplizierter Biegungsphänomene ausführen, infolge deren die Blüten (bezw. die Blütenstandachsen) verschiedene Stellungen einnehmen. Eine häufig wiederkehrende Phase dieser karpotropischen (HANSGIRG) Phänomene ist die, dass die Blüte, nachdem sie sich in der Postfloration abwärtsgerichtet, bei der Fruchtreife wieder aufrecht stellt. Die hierdurch bewirkte Exposition steht in der innigsten Beziehung zu den in der Pflanzenwelt häufigsten Verbreitungsweisen, vor allem der anemochoren. Die Blüten einer Gruppe von Myrmekochoren verhalten sich im Knospenstadium, in der Anthese und in der ersten Periode der Postfloration im grossen und ganzen in dieser Weise, mithin so, wie ihnen nahestehende Arten mit einer anderen Verbreitungsbiologie. Ihr Stiel biegt sich somit im Beginn der Postfloration häufig so, dass die Blüte, die in der Anthese aufwärtsgerichtet war, vorwärts oder abwärts gekehrt ist. Aber die letzte Periode der Postfloration gestaltet sich ganz anders. Schon oben ist das Ausbleiben von mechanischen Verstärkungen des Blütenstieles erwähnt als ein ganz besonders auffallendes Kennzeichen der Postfloration der Myrmekochoren. Nahe daran schliesst sich nun eine andere Erscheinung: die karpotropischen Bewegungen haben in dieser postfloralen Biegung ihren Abschluss gefunden; und sind nicht um die Zeit, wo die Verbreitungseinheiten abfallen, die floralen Achsen schon auf den Boden gesunken, so sind, wenn dies eintritt, Kapseln, Fruchtkelche usw. abwärtsgerichtet. Verschiedene *Liliaceen* und *Borragineen*, *Waldsteinia* u. a. sind als Illustrationen dieses Typus zu nennen.

Blüten, die, wie die von *Ornithogalum nutans*, schon während der Anthese abwärtsgerichtet waren, verändern in der folgenden Entwicklung die Richtung ihrer Stiele nicht.

Natürlich findet diese Unterbrechung des so zu sagen mehr normalen Verlaufes der karpotropischen Bewegungen hauptsächlich in der Gruppe A statt. In der Gruppe B sind bei den meisten Arten sowohl die primär explosiven als auch die primär anemochoren — mit der bemerkenswerten Ausnahme der bisher bekannten Konstituenten des *Polygala*-Typus — mit während der Samenverbreitung aufrechten Blüten — oder Blütenstandachsen versehen.

Die karpotropischen Bewegungen der Kelchblätter schenken weniger Interesse. Eine den Myrmekochoren eigentümlichere Form derselben, die durch die Funktion des Kelches als eines Assimilationsapparats nach dem Fruchtabfallen bedingt ist, ist die bei *Borrago officinalis* und einigen andern Arten der Familie vorkommende Form. Hier biegen sich die Kelchzipfel, nachdem sie während der Postfloration ein-

gebogen waren, bei der Fruchtreife auswärts und liegen nun wie die Laubblätter ungefähr in der Horizontalebene.

Die entwicklungsgeschichtlichen Fragen, die immer wieder in diesem Kapitel berührt worden sind, werden erst im letzten Kapitel dieser Arbeit eine zusammenfassende Behandlung erfahren.

Die Verteilung der Myrmekochoren in der Vegetation der Erde.

Die Rolle der Myrmekochoren in den Pflanzenformationen.

Die Arten, welche die vorhergehenden Untersuchungen als myrmekochore Synzoen festgestellt haben, zeigen, vom allgemein ökologischen Gesichtspunkte als Gruppe betrachtet, eine auffallende Homogenität. Mit Ausnahme von *Rosmarinus* und einigen *Euphorbia*-Arten gibt es unter ihnen keine *Lignosen*, sondern nur *Kräuter* uns *Gräser* (einschliesslich *Halbgräser*). Unter diesen wiederum befinden sich keine Hydro- oder Halophyten, sondern nur *Xero-* und vor allem *Mesophyten*.

Eine Untersuchung ihrer Verteilung auf die verschiedenen Pflanzenformationen — wir nehmen zuerst nur Rücksicht auf die europäische Vegetation, aus welcher der allergrösste Teil des Studienmaterials herstammt — ergibt auch keine grössere Abwechselung. Im grossen und ganzen können dieselben nämlich, wie die folgende Auseinanderlegung dartun wird, entweder als *Wald-* oder als *Ruderalpflanzen* gekennzeichnet werden, wozu sich noch eine dritte sehr kleine Gruppe gesellt, die wir als *Felsenpflanzen* bezeichnen können.

Waldpflanzen.

Die eurasiatische Nadelwaldregion.[1]

In der arktischen Region fehlen die Myrmekochoren, sie spielen auch keine grosse Rolle in der eurasiatischen Nadelwaldregion. Abgesehen von einigen Reliktfunden, bestehen sie meines Wissens in dieser Region aus 19 Arten, die nach meinen

[1] Wir folgen im Anschluss an Drude und Flahault (Vergl. Alb. Nilsson in Bot. Notiser 1901) für Europa dieser pflanzengeographischen Einteilung:
1) Die arktische Region
2) Die eurasiatische Nadelwaldregion
3) Die mitteleuropäische Waldregion
4) Die Mittelmeerregion
5) Die eurasiatische Steppenregion.

Beobachtungen in Nord-Schweden im allgemeinen auf folgende Formationen verteilt sind:

	Wiesen-formationen	Birkenhaine und Wälder	Fichtenwälder	Kiefern-wälder
Luzula pilosa	–	+	+	—
Arenaria trinervia	—	+	+	—
Melampyrum pratense	+	+	+	+
» *silvaticum*	+	+	+	+
Ajuga pyramidalis	+	+	—	—
Carex digitata	—	+	+	—
» *ericetorum*	+	—	—	—
» *ornithopoda*	+	+	—	—
» *pediformis*	—	+		—
» *praecox*	+	—	—	—
Melica nutans	+	+	—	—
Viola mirabilis	—	+	—	—
» *Riviniana*	—	+	+	—
* » *canina*[1]	+	+	—	—
» *tricolor*	+	—	—	—
Polygala vulgaris	+	+	—	—
Trichera arvensis	+	—	—	—
Triodia decumbens	+	+	—	—

Im allgemeinen kann man, wie schon hervorgehoben wurde, sagen, dass ihre Rolle in der Vegetation von geringer Bedeutung ist. Bemerkenswerte Ausnahmen finden sich auf Wiesen mit südlicher Lage in Kalkgegenden. Folgende Standortaufzeichnung von Slätberg, Orsa in Dalekarlien, auf einigen qm eines nach S gerichteten Wiesenabhangs auf glaciofluvialer Kiesterrasse mit kalkhaltigem Material ($19^{29}/_{6}04$) liefert ein solches Beispiel:

Ajuga pyramidalis	*Centaurea Jacea*
Anthoxanthum odoratun	*Cirsium heterophyllum*
Antennaria dioica	*Galium palustre*
Alchemilla vulgaris	*Hypochaeris maculata*
Briza media	*Luzula campestris*
Carex capillaris	*Melampyrum silvaticum*
» *ericetorum*	*Melica nutans*
» *ornithopoda*	*Polygonum viviparum*
» *pallescens*	*Trichera arvensis*
» *panicea*	*Viola canina*

Also auf 20 Arten 8 Myrmekochoren, d. h. nicht weniger als 40 Prozent!

Über die Entwicklungsgeschichte der Pflanzenformationen lässt sich sagen, dass sich Wiesen, Birkenwälder und Kiefernwälder zu Fichtenwäldern entwickeln, wohingegen die Birkenhaine in mehreren Fällen als Schlussformation stehen bleiben.[2] Wenn der Fichtenwald, geschützt gegen Waldbrände, die in dieser Region die Entwicklung sehr oft von vorn anfangen lassen, ein sehr hohes Alter erreicht, so entsteht ein parkartiger Wald (Högbom) (*abiegnum graminosum* Nilsson oder auf mehr kalk-

[1] Mit * werden im folgenden solche Pflanzen ausgezeichnet, bei denen ich Ursache habe Myrmekochorie anzunehmen (in einigen Fällen auf Grund der Angaben Kerners), bei denen ich aber keine Gelegenheit hatte durch Experimente oder Beobachtungen in der Natur etwas Sicheres festzustellen.

[2] R. Sernander, Die Einwanderung der Fichte in Skandinavien.

haltigem Boden *abiegnum herbidum* SERN.), in dem sich auf wiesenartigen Flächen einige Myrmekochoren der Wiesen und Birkenwaldformation wiederfinden.[1]

Die mitteleuropäische Waldregion.

Die Myrmekochoren der nordeuropäischen Nadelholzregion findet man daselbst alle, sie sind nur als die Vorposten des reichen Kontingents derjenigen zu betrachten, die gewisse Formationen der beiden südlicheren europäischen Waldregionen kennzeichnen.

Wenn wir von »der Zone der mitteleuropäischen Wälder« ausgehen (DRUDE, Atlas IV), so finden wir hier die Myrmekochoren in den Wiesen und Buschformationen sowie in verschiedenen Waldtypen verbreitet.

Die wichtigsten derselben sind die *Eichenmischwälder* und in gewisser Beziehung auch die *Buchenwälder*. In diese beiden Waldtypen würden nach dem natürlichen Lauf der Dinge die Wiesen- und Buschformationen allmählich übergehen, die sich aber jetzt wegen verschiedener, bewusster oder unbewusster Vorkehrungen der Kultur zur Verhütung der Bewaldung behaupten. Wenn die bunte Pflanzenwelt, die jetzt das zentraleuropäische Vegetationsgebiet bedeckt, sich ohne das Eingreifen der Menschen entwickeln dürfte, dann würden nämlich auf nicht versumpftem Boden die endlosen Laub-Urwälder wieder auftreten, von denen sowohl die alten Urkunden wie auch die Pflanzenreste der quartären Erdschichten zeugen. In »der Zone der nordeuropäischen gemischten Wälder» (DRUDE l. c.) verhält es sich etwas anders. Hier kämpfen die *Nadelwälder* mit den Laubwäldern um die Herrschaft, und ein Teil der Wiesen und Gebüsche geht, auch direkt oder via Laubwälder in die Entwicklungsserie der Nadelwälder über. In dem oberen Teil der Region, welche in Fenno-Skandia südlich der Nordgrenze der Eiche liegt, kennen wir die zentraleuropäischen Eichen-Mischwälder unter einem anderen Namen, dem der *Laubwiesen* (Löfängar SERN.), ein Name, der deutlich darauf hinweist, dass man es hier nicht mehr mit grossen Wäldern zu tun hat, sondern nur mit einzelnen Waldpartieen.

In Nord- und Mittel-Europa bilden sich auf feuchterem Boden und an Ufern sowie an Felsabhängen die sogenannten *Haintälchen*[2] mit aus meistens hohen Kräutern und Gräsern gebildeten Feldschichten unter dem Bestande der dichten Laubhölzer. Wenn diese Formation das Gebiet der edlen Laubhölzer erreicht, so wandern letztere in die Waldschichten ein, und die hier entstehende Pflanzenformation steht den Laubwiesen sehr nahe; sie wird hier im Zusammenhange mit letzteren behandelt.

Bei der Verteilung der Myrmekochoren in den *Gebüschen*, welche, wie soeben angedeutet, nach der Abholzung entstehen und bei ziemlich konstanter Zusammensetzung eine grosse Ausdehnung über weite Strecken erreichen können, z. B. auf der

[1] AXEL LUNDSTRÖM, Öfversikt öfver våra viktigaste barrskogsformer.
[2] A. Y. GREVILLIUS, Biologisch-physiognomische Untersuchungen einiger schwedischer Hainthälchen.

iberischen[1] und der Balkanhalbinsel[2], können wir uns nicht lange aufhalten, noch weniger bei den *Wiesen*, in die sich die Untervegetation verwandelt, wenn auch die Gebüsche weggenommen werden. Die Pflanzendecke der Wiese ist sehr verändert; in den Gebüschen findet man den Hauptteil der Untervegetation des Mischwaldes wieder, nicht am wenigsten das myrmekochore Element desselben. Als Beispiel von der Vegetation dieser Gebüsche sei erwähnt »Der Buschwald oder die *Corylus*-Formation» in der Eichenregion der illyrischen Länder, den Adamović[3] und Beck von Mannagatta[4] zum Gegenstande ausführlicher Schilderungen gemacht haben. Dieselben spielen hier eine sehr umfangreiche Rolle: »Nichts fällt beim Eintritte in die bosnischen Wälder mehr ins Auge als die niedrigen Buschwerke, welche auf weite Strecken hin den Hochwald ganz ersetzen und die Höhen oft lückenlos bedecken,» sagt Beck l. c. p. 240. Aus den Pflanzenverzeichnissen Becks (l. c. p. 243—247) führen wir folgende Myrmekochoren aus dem Buschwalde dieser Gegend an und stellen daneben die in der Liste desselben (l. c. p. 223—226) über die Bestandteile des bosnischen Eichenmischwaldes verzeichneten Myrmekochoren:[5]

	Der bosnische Buschwald	Der bosnische Eichenmischwald
**Ajuga genevensis*	+	+
» *reptans*	+	—
Allium ursinum	—	+
Aremonia agrimonoides	+	+
Arenaria muscosa	+	+
» *trinervia*	—	+
**Asarum europaeum*	+	+
Carex digitata	+	—
» *praecox*	+	—
Centaurea Jacea	+	+
**Cyclamen europaeum*	+	—
**Epimedium alpinum*	+	+
**Erythronium dens canis*	+	—
**Euphorbia amygdaloides*	+	+
Galeobdolon luteum	+	+
Helleborus graveolens	+	+
Hepatica triloba	+	—
**Lamium Orvala*	+	+
Luzula pilosa	+	+
Melampyrum nemorosum	+	+
» *pratense*	+	+
Melica nutans	+	+
» *uniflora*	+	+
Polygala vulgaris	+	—

[1] Willkomm, Pflanzenverbreitung auf der iberischen Halbinsel. S. 110, 114—115, 124, 131, 143 sind von Interesse für die Stellung der Myrmekochoren in dieser Formation.

[2] Beck von Mannagetta, Die Vegetationsverhältnisse der illyrischen Länder.

[3] Die Vegetationsformen Ostserbiens.

[4] Opus cit.

[5] Charakterbäume: *Quercus sessiliflora, Qu. Cerris, Fagus silvatica, Carpinus Betulus, Castanea, Betula alba, Juglans regia, Populus tremula, Acer campestre, Tilia tomentosa, Prunus Avium, Pirus communis, Aria torminalis, Fraxinus excelsior, F. Ornus.*

	Der bosnische Buschwald	Der bosnische Eichenmischwald
Potentilla alba	—	+
Primula acaulis	+	+
**Pulmonaria mollis*	—	+
» *officinalis*	+	+
Symphytum officinale	+	—
» *tuberosum*	+	+
Trichera silvatica	—	+
Viola silvatica	+	+
Summe	27	24

Es verbleiben also in den Gebüschen 19 Arten von denjenigen des Waldes und nur 8 kommen hinzu. Hierbei sei indessen bemerkt, dass die der Myrmekochorenliste zu Grunde liegenden Aufzeichnungen vom Eichenwalde nicht so umfassend sind, wie die vom Buschwalde. Die hinzugekommenen 8 Arten, deren Fehlen in den Aufzeichnungen also vielleicht auf Zufall beruht, werden auch für Eichenmischwälder aus mehreren anderen Stellen der mitteleuropäischen Waldregion angegeben.

Sowohl in Gebüschen als auch auf Wiesen findet man einige Formen, die unter einem schattenreichen Baumbestande aussterben oder steril werden. Der Eichenmischwald oder die Laubwiese, welche in ungeheurer Ausstreckung für viele Gebiete unseres Weltteiles den Schlusspunkt der Entwicklung bilden dürften, gibt indessen auch Raum für die xerophilen Elemente der Vegetation der Wiesen und Buschwerke. Diese Waldform nimmt nämlich in weiter vorgeschrittenem Stadium eine *parkartige* Natur an. Im Hochwalde selbst stehen die Bäume in Gruppen, unter und zwischen denen sich Unterholz und Büsche in mehr oder weniger zusammenhängenden Beständen und Gebüschen verteilen. Hier und da findet man offene Flächen mit wiesenartiger Vegetation. In diesen Gebüschen, besonders am Rande derselben, und auf diesen Wiesen finden die lichtliebenden Formen gute Gelegenheit, sich auszubreiten.

Ich habe schon angedeutet, dass die Baumbestände des Eichenmischwaldes in den einzelnen Teilen der Region sehr verschieden zusammengesetzt sind. Im grössten Teile desselben sind *Quercus pedunculata* und *Qu. sessiliflora* die vorherrschenden Eichenarten.

Weiter südwärts werden dieselben in grösserem oder geringerem Grade von einigen andern abgelöst, z. B. von *Quercus tozza* und *Qu. lusitanica* auf der iberischen Halbinsel, sowie von *Quercus lanuginosa* und *Qu. Cerris* auf der Balkanhalbinsel usw. Die Unterschiede der Untervegetation, die durch die Verschiedenartigkeit dieser Eichenarten bedingt sind, sind ebenso wie diejenigen, die auch sonst durch die Mannigfaltigkeit der mit ihnen vergesellschafteten Bäume und Sträucher hervorgerufen werden, geringer als man glauben sollte, und die Facies der südlichen Eichenmischwaldungen sind in bezug auf Untervegetation, besonders was die Myrmekochoren anbelangt, ziemlich gleichartig.

Es würde auch zu umständlich sein, die Verteilung der Myrmekochoren in all den Typen von Eichenmischwaldungen, unter denen sie in dieser Region auftreten, zu schildern. Wir fassen deshalb alle Myrmekochoren, die in einer oder der anderen

dieser Facies aufgezeichnet worden sind, in einem Verzeichnis zusammen, welches folgendes Aussehen erhält:[1]

*Ajuga genevensis
» pyramidalis
» reptans
Allium triquetrum
» ursinum
Aremonia agrimonoides
Arenaria muscosa
» trinervia
*Asarum europaeum
Carex digitata
» ericetorum
» Halleriana
» Linkii
» montana
» ornithopoda
» praecox
Caryolopha sempervirens
Centaurea Jacea
» montana
* » » *axillaris
» Scabiosa
Corydalis fabacea
» laxa
» pumila
Cirsium acaule
*Cyclamen europaeum
*Epimedium alpinum
*Erythronium dens canis
*Euphorbia amygdaloides
» dulcis
Ficaria ranunculoides
Gagea lutea
» minima
Galanthus nivalis
Galeobdolon luteum
Helleborus foetidus
graveolens
* » multifidus
» purpurascens
Hepatica triloba
Lamium maculatum
* » Orvala
Lathraea Squamaria
*Luzula Forsteri
» pilosa
Mercurialis perennis
*Melampyrum arvense
* » barbatum
» pratense
» nemorosum
» silvaticum
Melica nutans
» uniflora
Myosotis sparsiflora
Ornithogalum nutans?
Polygala vulgaris
Potentilla alba
Primula acaulis
*Pulmonaria angustifolia
* » mollis
» mollissima
» officinalis
*Scilla amoena?
* » bifolia
» sibirica
Symphytum bulbosum
» officinale
Thesium alpinum
Trichera arvensis
» silvatica
Triodia decumbens
Waldsteinia geoides
*Viola canina
» elatior
» hirta
mirabilis
» odorata
» Riviniana
* silvatica

[1] Diese Liste über die Myrmekochoren der Eichenmischwälder ist teilweise nach meinen eigenen Aufzeichnungen aus verschiedenen Gebieten Schwedens, Finnlands, Deutschlands und Frankreichs, teils nach den Angaben floristischer und pflanzengeographischer Arbeiten ausgearbeitet worden. Von letzteren seien angegeben:

L. Adamović, Die Vegetationsformen Ostserbiens.
G. Beck von Mannagetta, Die Vegetationsverhältnisse der illyrischen Länder.
O. Drude, Deutschlands Pflanzengeographie. — Der herzynische Florenbezirk.
Henr. Hesselman, Zur Kenntnis des Pflanzenlebens schwedischer Laubwiesen.
F. Höck, Laubwaldflora Norddeutschlands.
A. v. Kerner, Pflanzenleben der Donauländer.
F. Pax, Grundzüge der Pflanzenverbreitung in den Karpathen.
O. Sendtner, Die Vegetations-Verhältnisse Südbayerns.
M. Willkomm, Grundzüge der Pflanzenverbreitung auf der iberischen Halbinsel.

Buchenwälder sind der zweite grosse Vegetationstypus, zu dem ein ungestörter Entwicklungsverlauf eine Menge Pflanzenformationen innerhalb der Regionen der nordeuropäischen gemischten Wälder und der mitteleuropäischen Wälder führen würde. In den kontinentalen Bezirken dieser Regionen erhalten die Buchenwälder erst auf höheren Niveaus Bedeutung. Ehe man zum Niveau der reinen Buchenwälder kommt, trifft man oft eine Zwischenform zwischen diesen und dem Eichenmischwalde an, wo Wiesen und Gebüschpartieen die lichtliebenderen Pflanzen mehr zu ihrem Rechte kommen lassen. Die Ausbildung des reinen Buchenwaldes scheint hier nicht in so grossem Umfange wie im Eichenmischwalde zur Beibehaltung von Buschwerk und wiesenartigen Flächen zu führen, sofern nicht, wie es z. B. an den schleswigschen Küsten vorkommen kann, die Bestände degenerieren und in Heidelandschaft oder, wie z. B. von PAX[1] für die niederen Teile der Karpathen beschrieben wird, infolge von Abweidung in parkartig gruppiertes Buschwerk übergehen. Ein erstaunlich hoher Prozentsatz der nicht gerade zahlreichen Kräuter- und Gräservegetation des reinen Buchenhochwaldes besteht aus Myrmekochoren. Folgende Arten sind im Buchenwalde aufgezeichnet worden, von denen sich aber eine Partie, die ich nicht durch die mir zu Gebote stehenden Literaturangaben begrenzen kann, auf den eben erwähnten Buchenmischwald beschränken dürfte[2]:

**Ajuga genevensis*
» *reptans*
Allium ursinum
Aremonia agrimonoides
Arenaria trinervia
**Asarum europaeum*
Carex digitata
» *montana*
**Corydalis cava*
» *fabacea*
* » *solida*
**Cyclamen europaeum*
**Epimedium alpinum*
**Euphorbia amygdaloides*
» *dulcis*
Ficaria ranunculoides
Gagea lutea
» *minima*
Galanthus nivalis
Galeobdolon luteum
Helleborus graveolens
* » *multifidus*
Helleborus purpurascens
» *viridis*
Hepatica triloba
**Lamium cupreum*
maculatum
* » *Orvala*
Lathraea Squamaria
Luzula pilosa
Melampyrum nemorosum
Melica nutans
» *uniflora*
Mercurialis perennis
* » *ovata*
Primula acaulis
Pulmonaria officinalis
* » *rubra*
**Scilla bifolia*
**Symphytum cordatum*
» *tuberosum*
Viola mirabilis
» *odorata*
* » *silvatica*

Der Buchenwald, der auf der Westküste von Jylland gegen die vorrückende *Calluna*-Heide kämpft, hat die Untervegetation durch eigentümliche Veränderungen des Bodens, die durch die Untersuchungen P. E. MÜLLERS[3] bekannt sind, gründlich

[1] Grundzüge der Pflanzenverbreitung in den Karpathen, p. 119.

[2] Hauptsächlich nach den oben zitierten Arbeiten von ADAMOVIČ, BECK, DRUDE, PAX, KERNER, sowie nach SENDTNER, WILLKOMM, HÖCK, Begleitpflanzen der Buche, ALB. NILSSON, Om bokens utbredning och förekomstsätt i Sverige, WARMING, Plantesamfund, H. WINKLER, Pflanzengeographische Studien über die Formation des Buchenwaldes.

[3] Die natürlichen Humusformen.

umgestaltet, und zwar in einer derselben verwandten Richtung. Wie auf der baltischen Heide (WARMING), ist auch hier die Flora an Myrmekochoren sehr arm; *Melampyrum pratense* ist die einzige von MÜLLER (l. c. p. 21—22) angeführte Charakterpflanze.

In den Gebirgen von Zentraleuropa geht der Buchenhochwald der obersten Teile der Buchenregion in eine eigentümliche Pflanzenformation, DRUDE's Voralpenwaldformation, PAX' montanen Buschwald, BECK's Buchengestrüpp über, woselbst die Myrmekochoren auch allmählich zurücktreten. Ihr Buchenbestand ist nicht mehr als mannshoch und mit Gebüschen und *Sorbus*-Arten vermischt. Hohe Kräuter und Gräser schliessen sich dicht zusammen, und zwischen den Arten, welche z. B. PAX (l. c. p. 137) für diese Formation in den Karpathen aufzeichnet, sind nur zwei, *Centaurea montana* und *Trichera silvatica*, myrmekochor. BECK führt für Illyrien die letztgenannte Art und *Mercurialis perennis* (l. c. p.373) an.

Unter anderen Waldtypen der Region, die wegen ihrer gegenwärtigen Verbreitung von Bedeutung sind oder auch deswegen, weil sie sich beim Fehlen des Kultureinflusses in grösserem Umfange vermehren würden, haben wir zu behandeln *Birkenwälder* (einschliesslich *Espen-*) und *Nadelwälder.*

Die Myrmekochorenflora der *Birkenwälder* ist im Vergleich mit derjenigen der Eichenmischwälder sehr arm und enthält vielleicht mit Ausnahme von **Carex pilulifera* keine Art, die in letzteren nicht allgemein wäre. In Fenno-Skandia besteht sie aus:

Ajuga pyramidalis
Carex digitata
* » *pilulifera*
praecox
» *montana*
Centaurea Jacea
Lathraea Squamaria
Luzula pilosa
Melampyrum pratense
» *silvaticum*
Melica nutans
Polygala vulgaris
**Viola canina*
» *mirabilis*
» *riviniana*

Die Untervegetation der Fichtenwälder schwankt je nach der Unterlage, dem Alter und der Vorgeschichte sehr (die skandinavischen Botaniker unterscheiden nach derselben *abiegna hylocomiosa*, *herbida*, *graminosa* und *sphagnosa*). Besonders macht sich die Vorgeschichte des Fichtenwaldes in der Zusammensetzung seiner Myrmekochoren bemerkbar. In Fenno-Skandia[1] und Russland[2] hat man oft Gelegenheit wahrzunehmen, dass Laubwiesen und Eichenwälder durch Abweidung in Fichtenwälder übergehen. Diese Fichtenwälder haben in ihrer Untervegetation zahlreiche Überbleibsel ihrer Mutterformation. Für den Omberg am Wettersee in Schweden habe ich nachgewiesen,[3] dass das Eindringen der Fichte, welche von A. G. KELLGREN[4] daselbst festgestellt worden ist, so stattgefunden hat. ALB. NILSSON[5] hat durch seine

[1] SERNANDER, Die Einwanderung der Fichte p. 34—37.
[2] S. KORSCHINSKY. Über die Entstehung und das Schicksal der Eichenwälder im mittleren Russland.
[3] SERNANDER, Die Einwanderung der Fichte p. 84—85 und in Geol. Föreningens Förhandl. Bd 14. 1892 p. 551.
[4] Studier öfver Ombergsflorans papilionaceer.
[5] Om örtrika barrskogar.

Untersuchung meine Anschauungen bestätigt (l. c. p. 200) und weist durch das Studium historischer Urkunden nach, dass die Fichtenwälder des Ombergs jünger als 400—500 Jahre sein müssen, Er teilt (l. c. p. 195—196) ein Verzeichnis der Arten, die noch aus dem Laubwiesenstadium in diesen Fichtenwäldern geblieben sind, mit und stellt dieselben als seinen *abiegna herbida* typisch auf. Unter denselben befinden sich folgende Myrmekochoren:

Ajuga pyramidalis
Carex digitata
» *praecox*
Hepatica triloba
Luzula pilosa
Melampyrum silvaticum
Mercurialis perennis
Pulmonaria officinalis
**Viola silvatica*

Allium ursinum, das in gewissen Fichtenwäldern wächst, hält NILSSON für neu hinzugekommen (l. c. p. 201).

Die beiden Hauptformen der *Kiefernwälder — pineta cladinosa* HULT und *pineta hylocomiosa* SERN. — sind äusserst arm an Kräutern und Gräsern, reicher sind *pineta herbida* SERN. In dieser Region sind *pineta cladinosa* selten; an einem der bekanntesten Plätze der letzteren, der mitten in der Ostsee gelegenen Insel Gotska Sandön, habe ich nicht eine einzige myrmekochore Pflanze finden können. Die Myrmekochorenflora in den *pineta hylocomiosa* kann durch folgende Auszüge aus Aufzeichnungen von Süd-Nerike[1] und dem böhmisch-mährischen Plateau[2] erläutert werden:

	Süd-Nerike		Das böhmisch-mährische Plateau	
	Pineta hylocomiosa	*Abiegno-pin. hyloc.*	*Pin. hyl.*	*Abiegn. hyloc.*
**Cyclamen europaeum*	—	—	+	+
Hepatica triloba	—	—	+	+
Luzula pilosa	+	+	—	+
Melampyrum pratense	+	+	+	—

Um ein vollständiges Bild von der Myrmekochorenflora zu erhalten, die wohl ziemlich häufig in den *pineta hylocomiosa* in dem Teile von Fenno-Skandia wiederkehrt, der zur mitteleuropäischen Waldregion gehört, sind **Carex pilulifera* und **Viola canina* hinzuzufügen. Wie man sieht, ist also diese Flora derjenigen der baltischen Heidekrautheiden ziemlich gleichartig, der die Untervegetation der nordischen *pineta cladinosa* sowie auch die der *p. hylocomiosa* nahe verwandt ist. In der Tabelle haben auch die *abiegna* und *abiegno-pineta hylocomiosa* Aufnahme gefunden, zu denen sich der *p. hylocomiosa* der beiden Gebiete entwickeln, um die Myrmekochoren-Armut derselben den aus Laubwiesen entstandenen *abiegna herbida* gegenüber zu zeigen. — Aus den *pineta herbida* der Insel Gotland habe ich folgende Myrmekochoren aufgezeichnet:[3]

Carex ornithopoda
Hepatica triloba
Luzula pilosa

[1] SERNANDER, De sydnerikiska barrskogarnes utvecklingshistoria, figg. 5. 6 & 7 sowie 8.
[2] KERNER, Pflanzenleben der Donauländer p. 300—301.
[3] SERNANDER, Den gotländska vegetationens utvecklingshistoria p. 80.

Einen mehr lokalen Nadelwaldtypus, der jedoch in der Eichenregion der illyrischen Länder eine nicht geringe Ausdehnung hat, bildet der *Pinus nigra*-Wald. Derselbe ist einer von den an Myrmekochoren reichsten Nadelwaldtypen in Europa, wozu vielleicht auch beiträgt, dass die Bestände desselben oft mit *Fagus silvatica* und anderen Laubbäumen gemischt sind. In den Aufzeichnungen Beck von Mannagettas (l. c. p. 235—236) aus Zengg und Žepče findet man folgende:

Aremonia agrimonoides
Carex digitata
**Centaurea axillaris*
**Cyclamen europaeum*
**Epimedium alpinum*
Hepatica triloba
**Mercurialis ovata*
Potentilla alba
Primula acaulis
Triodia decumbens
**Viola silvatica*

Die Mittelmeerregion.

Die Vegetation der mediterranen Region ist nicht nur in ihrem gegenwärtigen Zustande, sondern schon seit ein paar Jahrtausenden die von menschlicher Kultur am meisten beeinflusste von allen Pflanzenregionen der Erde. Diejenigen Formationen von grösserer Ausdehnung, die am besten Teile der ursprünglichen Pflanzenwelt bewahrt haben, sind die allgemein bekannten »*Garigues*» und »*Mâquis*». Diese beiden Strauchformationen sind, wie besonders Flahault klar und deutlich dargelegt hat, als die veränderte Untervegetation der vormals die Mittelmeerländer beherrschenden Wälder anzusehen. Gariguen sind Überreste des auf Kalkboden stehenden Walde; Maquis die desjenigen, der auf Kieselboden wuchs. Die Hauptmasse dieser jetzt verschwundenen Wälder bestand aus *Eichenwäldern* mit eingestreuten Partieen von *Nadelwald*. Die Charakterbäume des Gariguenwaldes waren *Quercus Ilex* und in gewisssem Sinne *Pinus halepensis*, die des Maquiswaldes *Quercus Suber*, *Q. Ilex* und *Pinus maritima*. Hier und da giebt es noch Plätze, an denen sich diese Bäume mehr oder weniger vollständig zu Beständen zusammenschliessen können, und durch diese Waldpartieen bekommt man eine annähernde Vorstellung davon, wie sich die Pflanzenwelt der Mittelmeergegenden gestalten würde, wenn man sie ihrer freien Entwicklung überliesse.

Wenn wir zuerst die *Gariguen* betrachten, haben wir, dank Loret, Barrandon[1], Flahault[2], Hardy[3] u. a., die besten Aufzeichnungen über die Vegetation aus Südfrankreich derselben. Doch liefern diese umfassenden Aufzeichnungen nicht ohne weiteres das direkte Material, um die Rolle, die die Myrmekochoren in dieser Pflanzenformation spielen, bestimmen zu können. Die Gariguen sind zwar auch durch den Einfluss der Kultur auf die Wälder entstanden, aber die Pflanzenformationen, die sich nach der Abholzung zusammengeschlossen haben, bekommen einen

[1] Flore de Montpellier.
[2] La garigue. — Listes des plantes phanérogames qui pourront être rècoltées — à Montpellier.
[3] La géographie et la végétation de Languedoc.

bestimmten, regelmässig wiederkehrenden Typus. Aber dieser Typus ist mehreren mehr unregelmässiger Veränderungen unterworfen, und zwar an Olivenpflanzungen, Steinbrüchen, Wegen, Sammelplätzen des Viehs etc., woselbst der steinige, seichtgründige Boden aufgelockert und mit Düngstoffen imprägniert wird. Die Vegetation dieser von der Kultur beeinflussten Partieen, die hier und dort in die Gariguen eingebettet sind, ist gewöhnlich in die erwähnten Verzeichnisse mitaufgenommen. Dadurch wird es sehr schwer, in letzteren die wirklichen Gariguenpflanzen herauszufinden. Soweit ich bei meinen Studien habe feststellen können, sind jedoch folgende für die Gariguen angegebenen Myrmekochoren derartige Ruderalelemente:

Ajuga Chamaepitys
Carduus pycnocephalus
Euphorbia segetalis
Galactites tomentosa
Mercurialis annua
Parietaria lusitanica.

Parietaria lusitanica (Flahault, La Garigue p. 41) ist von mir in diesem Gebiete nicht wahrgenommen; auf Sizilien tritt diese Art ruderal oder subruderal in Gariguen auf.

Dagegen betrachte ich folgende als Konstituenten der wirklichen Gariguen:

Ajuga Iva
Carex Halleriana
Carex Linkii
Carex praecox
Euphorbia Characias
* *Euphorbia nicaeensis*
Euphorbia serrata
Ficaria ranunculoides
Helleborus foetidus
Hepatica triloba
Polygala monspeliaca
Rosmarinus officinalis
Viola saepincola

Noch fehlt ein vollständiges Verzeichnis aller südfranzösischen Gariguepflanzen. Die Anzahl derselben ist augenscheinlich sehr beträchtlich. Von einem einzigen Gariguenorte, Montmaur bei Montpellier, führt Barrandon nach Flauhaults (Listes p. 7) Angabe nicht weniger als 537 Phanerogamen an. Natürlich müssen derartige Verzeichnisse gründlich durchgesehen werden, ehe zu ökologischen Bestimmungen benutzt werden können, doch zeugen dieselben unzweifelhaft von dem Pflanzenreichtum der Gariguen. Schätzt man die Zahl derjenigen Phanerogamen, die wirklich zu den echten Garigueformationen Südfrankreichs gehören, auf 500, so hat man hierin mit aller Sicherheit eine sehr niedrige Minimumzahl zu erblicken. Sollte auch unter diesen eine oder die andere neue Myrmekochore hinzukommen, so ist die relative Anzahl der letzteren auf jeden Fall sehr gering.

Wenn die Gariguen in den *Quercus Ilex*-Wald übergegangen sind, treten Veränderungen ein analog denjenigen beim Übergang der mitteleuropäischen Gebüsche und Wiesen in den *Quercus Robur*-Mischwald. Die Strauchbestände und die Gras- und Kräuterteppiche lösen sich unter dem dichten Bestande der Steineichen auf, deren geschlossenes Kronengewölbe jedoch in der Regel hier und da von besonnten Öffnungen unterbrochen ist, in denen sich die ursprüngliche Vegetation mehr in unveränderter Gestalt behauptet. Die Gariguepflanzen scheinen nach ihrer Fähigkeit, die Beschattung des *Quercus Ilex*-Waldes zu ertragen, in zwei Kategorien zu zerfallen; die eine verträgt den Schatten besser, die andere schlechter. Jene Kategorie, die

demgemäss im Schatten der Steineichen und auf besonnten Plätzen zu finden ist, umfasst nicht wenige Arten, besonders Gräser und Kräuter, die zweite Kategorie, für welche *Thymus vulgaris* als typisch gelten kann, hält sich nur auf offenen Plätzen. Die myrmekochoren Gariguepflanzen gehören, vielleicht mit Ausnahme von *A. Iva* und *Polygala monspeliaca*, deren Verhalten in dieser Hinsicht ich nicht habe befriedigend ausfindig machen können, zu der ersten Kategorie. Um entscheiden zu können, ob und in welchem Verhältnis diejenigen Waldpflanzen und besonders Myrmekochoren, die in den Gariguen fehlen, in älteren, intakten *Quercus Ilex*-Wäldern hinzukommen habe ich nicht genügendes Untersuchungsmaterial gehabt.

Die Garigue, welche sich zum *Pinus halepensis*-Walde entwickelt, wächst gewöhnlich auf lockrerem und tieferem Boden als die *Quercus Ilex*-Garigue, welche von Warming[1] zu den »Felsen-Steppen» gerechnet wird. Sie weicht auch in mehreren Beziehungen von derselben ab. Der Strauchbestand ist höher und dichter und lässt keinen Raum frei für eine so artenreiche Kräuter- und Gräserflora wie diejenige, welche zwischen den dünneren und niedrigeren Gebüschen der Garigue zur Entfaltung kommt. Der Schatten der heranwachsenden Haleppo-Kiefern unterdrückt dieselbe noch mehr und die Vegetation unter ihrem Kronengewölbe wird sehr artenarm. Die Myrmekochoren spielen mit einer Ausnahme, *Rosmarinus officinalis*, die immer einen wesentlichen Bestandteil der höchsten und mittleren Feldschichten bildet, hier keine Rolle. Folgende Myrmekochoren habe ich für einige *Pinus halepensis*-Wälder in Dép. Hérault (1. Castelnau, 2. Tal zwischen dem Pic St. Loup und dem Montferrier) aufgezeichnet Hortus, 3. La Valette bei Montpellier, 4. Montferrier, 5 Fontefroide bei:

	1	2	3	4	5
Carex Halleriana	—	—	+	—	+
**Euphorbia amygdaloides* . .	—	—	—	—	+
Rosmarinus officinalis . . .	+ (*z*)	+	+	+ (*z*—*r*)	+ (*r*)

Ausserdem führt M. Hardy[2] für dieselbe Gegend *Ajuga Iva*, *Carex Linkii* und *Viola saepincola* an. — Wo auch immer dieser Waldtypus auftritt, scheint er sich durch Armut an Myrmekochoren auszuzeichnen.

Dass die Myrmekochoren in der Garigue-Vegetation zurücktreten, zeigt sich mit Deutlichkeit auch in einem anderen Garigue-Gebiet der Mittelmeerregion, nämlich den öden Steinwüsten von Illyrien, welche Beck von Mannagetta (l. c. p. 248) unter dem Namen »Die Karstheide» beschrieben hat. Auch diese ist wie die Garigue durch intensive Abholzung des Waldes — in diesem Fall einer Art Eichenmischwald — auf einem Gebirgsboden aus Kalkstein entstanden. Dieselbe enthält mehrere Myrmekochoren. Sieht man aber die Myrmekochorenliste durch, welche man aus Beck von Mangettas Pflanzenverzeichnissen aus noch erhaltenen Karstwäldern aufstellen kann, so findet man, dass nur 4 Arten der Heide nicht in den Wald eindringen, und zwar *Carex Halleriana*, *C. praecox*, *Centaurea Scabiosa* und *Trichera arvensis*. Dieselben sind aus den Eichenmischwäldern anderer Gebiete bekannt.

[1] Plantesamfund, p. 228.
[2] La géographie et la végétation de Languedoc p. 31.

Die Liste hat folgendes Aussehen:

	Karstheide (l. c. p. 252—255)	Karstwald [1] (l. c. p. 207—210)
**Ajuga genevensis*	+	+
Aremonia agrimonoides	—	+
**Asarum europaeum*	—	+
Carex Halleriana	+	—
montana	+	+
» *praecox*	+	—
**Centaurea axillaris*	+	+
» *Scabiosa*	+	—
**Cyclamen repandum*	—	+
**Euphorbia amygdaloides*	—	+
Galanthus nivalis	+	+
Helleborus graveolens	+	+
* » *multifidus*	+	+
Lamium maculatum	—	+
* » *Orvala*	+	+
**Melampyrum arvense*	—	+
* » *barbatum*	—	+
» *nemorosum*		+
Melica uniflora	—	+
Mercurialis perennis	—	+
Polygala vulgaris	+	+
Primula acaulis	—	+
Symphytum tuberosum	+	+
Trichera arvensis	+	—
Viola hirta	—	+
» *odorata*	—	+
* » *silvatica*	—	+
Summe	13	23

Die illyrischen Haleppokiefernwälder zeigen im Vergleich zu den südfranzösischen, eine, wie es scheint, noch grössere Armut an Myrmekochoren. In der Zusammenstellung ihrer Vegetation, die wir von Beck (l. c. p. 139) haben, befindet sich unter fünfzehn Kräutern und Gräsern nur eine Myrmekochore, * *Cyclamen repandum.*

Die italienischen Gariguen und ihre entsprechenden Ausbildungsformen als Wälder kenne ich sehr wenig. — In der sizilianischen Gariguenvegetation habe ich gefunden, dass folgende Myrmekochorenelemente nur ruderal waren: *Euphorbia peploides, E. peplus, Galactites tomentosa* und *Parietaria lusitanica.* — In mittel-Italien habe ich unter dichten *Quercus Ilex*-Beständen gesehen: *Ajuga reptans, Chelidonium majus, *Cyclamen neapolitanum, *Lamium* cfr. *flexuosum* etc.

Die Maquis nähern sich bedeutend mehr den Gebüschen Mitteleuropas, und da, wo sich *Quercus Suber* und *Pinus maritima* schliessen, sieht man eine Formation, die sich physiognomisch an die Eichenmischwälder dieser Gegend anschliesst. Eine der vollständigsten Vegetationsaufzeichnungen aus einem solchen Walde besitzen wir von einer Exkursion der Société botanique de France nach der Provence

[1] Charakterbäume: *Quercus lanuginosa, Quercus sessiliflora, Qu. Cerris, Ostrya carpinifolia, Carpinus duinensis, Ulmus campestris, Acer monspessulanum, A. campestre, A. obtusifolium, Prunus Mahaleb, P. Marasca, Pirus communis, Aria torminalis, A. nivea* und *Fraxinus Ornus.*

1889. FLAHAULT[1] zählt für die *Quercus Suber-Pinus maritima*-Wälder und die damit zusammenhängenden Maquis, die »la forêt domaniale du Dom» bilden, die bemerkenswertesten Gefässpflanzen auf. Unter diesen sind folgende 9 myrmekochor:

Allium triquetrum
Carex Linkii
**Euphorbia amygdaloides*
» *dendroides*
Galactites tomentosa
Lamium maculatum
**Luzula Forsteri*
Melica major
Symphytum tuberosum

Die Gesamtanzahl der aufgeführten Kräuter, Gräser und Sträucher beträgt 179, also 5 % Myrmekochoren. Diese Prozentzahl ist jedoch zu niedrig, denn in den Verzeichnissen stehen einige Pflanzen, z. B. einige Hydrophyten, die augenscheinlich in eingestreuten Formationen anderer Art gesammelt worden sind, ausserdem vermute ich unter den übrigen noch ein paar Myrmekochoren, deren Natur als solche ich aber noch nicht durch direkte Untersuchungen habe feststellen können.

Einige von den Pflanzen, die für die Garigue angeführt sind, kommen nur an Nordabhängen vor, in Ravinen, auf tiefer liegendem und die Feuchtigkeit bewahrendem Boden etc. Es sind dies unter den hierhergehörigen Myrmekochoren *Ficaria* und *Hepatica*. So beschaffene Gariguen bilden einen Übergang zu den Gebüschen, deren Verwandlung in Wälder durch *Quercus sessiliflora v. pubescens* und nur in geringem Grade durch *Q. Ilex* vermittelt wird. Dieser Eichenwald, der von mehreren Forschern zu den xerophilen Laubwäldern gerechnet und den *Quercus Ilex*-Wäldern an die Seite gestellt wird, steht jedoch dem mitteleuropäischen Eichenmischwalde sehr nahe. Von den Myrmekochoren ist zu sagen, dass auch die meisten, und zwar mit derselben Verteilung im dichten Walde, zwischen den Gebüschen, am Rande derselben und auf offenen, wiesenartig bekleideten Plätzen stehen. Es kommen einige neue Myrmekochoren hinzu, z. B. einige *Cyclamen*-Arten[2], *Fedia Cornucopiae*, einige *Lamium*-Arten etc. In den südlichsten *Quercus sessiliflora*-Wäldern Europas können hierdurch einige Unterschiede in der Zusammensetzung der Myrmekochorenflora entstehen. Als Beispiel sei eine Aufzeichnung von Ficuzza im Innern von Sizilien ($19^{10}/_{5}03$) erwähnt. Unter einer ca. 400 m hohen nach N gerichteten, aus dolomitischem, tertiärem Kalkstein gebildeten Bergwand in deren Rissen und Absätzen sich *Quercus Ilex* und xerophile Wiesenteppiche festgesetzt haben, beginnt ca. 1200 m ü. d. M. eine mit Eichenmischwald bekleidete Talusbildung, deren Vegetation ich unter der sachverständigen und liebenswürdigen Leitung M. LOJACONOS bis zu ca. 600 m ü. d. M. weiterunten studierte. Dieser Wald ist aus *Quercus sessiliflora v. pubescens* gebildet und hat eingestreut *Acer campestre*, *A. pseudoplatanus*, *Fraxinus excelsior*, *Quercus Ilex*, *Salix pedicellata* usw. sowie eine reiche Untervegetation von Büschen, Lianen, Kräutern und Gräsern. Hier und da wird dieselbe von maquisartigen Partieen unterbrochen, in denen Wintereichengebüsche und *Calycotome villosa* die Hauptrolle spielen. Folgende Myrmekochoren wurden in

[1] Comptes rendus des herbarisations. 1. Flore du district méditerranéen des Maures et de l'Estérel p. CXXXVI—CXXXVIII.

[2] FR. HILDEBRAND, Die Gattung Cyclamen L.

dem Walde aufgezeichnet, dessen Eichen jetzt nur ein paar cm lange, stark behaarte Blätter hatten:

Allium triquetrum
* » *pendulinum* (nach LOJACONO)
**Cyclamen neapolitanum*
Fedia Cornucopiae (Anthese)
Ficaria ranunculoides
**Lamium pubescens*
* » *tomentosum*
**Luzula Forsteri* (in vorgeschrittener Postfloration)

Auf den Flussalluvionen von mittel-Europa wachsen die »Uferwälder» (KERNER) oder »Galleriewälder» (SCHIMPER), deren Vegetation derjenigen der Eichenmischwälder nahe verwandt ist. Dieselbe Formation findet sich an den Flüssen des Mittelmeergebietes. Die Flora und besonders die myrmekochore dieser Galleriewäldern ist wegen des dauernden Vorhandensins von kaltem Grundwasser der mitteleuropäischen ähnlicher als die des auf trockenem und abschüssigem Boden wachsenden *Quercus sessiliflora v. pubescens*-Walde. Als Beispiel kann gelten ein Galleriewald von Le Lamalou auf dem Plain de St. Martin des Londres im Dép. Herault. Unter dem von *Quercus sessiliflora*, *Salices*, Esche, Ulme, Pappel etc. gebildeten Baumbestande gediehen unter den Gebüschen des reichen Gräser- und Kräuterteppichs ($19^5/_4 02$):

Ajuga reptans
**Euphorbia amygdaloides*
Ficaria ranunculoides
Helleborus foetidus
Viola hirta
* » *saepincola*
* » *silvatica*

Die eurasiatische Steppenregion.

Die eurasiatische Steppenregion ist bis jetzt noch nicht in den Bericht über die pflanzengeographischen Verhältnisse der myrmekochoren Waldpflanzen von Europa mit hineingezogen worden.[1] Aber auch in dieser Region spielt, mehr als man im allgemeinen glauben sollte, der Wald seine Rolle besonders auf Hochplateaus sowie in Flusstälern und in der Nachbarschaft derselben.[2] Aus den sehr vollständigen Darstellungen der Untervegetation desselben erkennt man, dass die Myrmekochoren dieselben sind wie diejenigen, die gewöhnlich in den entsprechenden mitteleuropäischen Waldtypen angetroffen werden. Besonders gilt dies für den Eichenmischwald. Interessant und äusserst wichtig ist es nachzusehen, welche von den oben zu den Waldpflanzen gerechneten Myrmekochoren auf die eigentliche Steppe hinaustreten. Es sind folgende:[3]

Ajuga genevensis
» *reptans*
**Centaurea axillaris*
» *Jacea*
» *Scabiosa*
Gagea lutea
» *minima*
Trichera arvensis
Viola hirta

[1] Die hier und im folgenden über den europäischen Teil des eurasiatischen Steppenregion wiedergegebenen Berichte umfassen das ganze Steppengebiet nördlich von der kaukasischen Gebirgskette. Was die nördlichen Kaukasussteppen anbelangt, folge ich der vortrefflichen Darstellung RADDES in seinen Grundzügen der Pflanzenverbreitung in den Kaukasusländern.

[2] G. TANFILJEW, Die Waldgrenzen in Südrussland.

[3] Bei der Aufstellung dieses Verzeichnisses bin ich hauptsächlich gefolgt: KERNER, Pflanzenleben der Donauländer, RADDE und TANFILJEW op. cit. Die bezüglichen Angaben sind jedoch nicht in einer solchen Form mitgeteilt, dass man nach ihnen eine exakte Liste machen könnte.

Von diesen findet man alle in den Grenzwäldern oder wenigstens in den Gebüschen, die den Übergang zwischen Wald und Steppe vermitteln. — Diese Zahl der für Steppe und Wald gemeinsamen Arten ist ja überraschend niedrig. Dies steht auch in gutem Einklang mit RADDES Worten: »Fast alle wirklich charakteristischen Steppenarten sind scharf von der Waldflora abgeschnitten und ebenso übertreten die meisten der typischen Waldformen nicht gerne das ihnen von der Natur angewiesene Gebiet» (l. c. p. 37) und mit dem, was er bei seiner Erörterung der Uferwäldchen der Steppe (l. c. p. 38) sagt: »Die echten Steppformen sind dem Walde fremd, und ebenso überschreiten die echten Waldformen hier nicht die Randzone der schattenden Gehölze».

Die myrmekochoren Waldpflanzen der subalpinen Zonen.

In oder bis zu den Regionen, von den wir jetzt die Verteilung der Myrmekochoren in den Pflanzenformationen geschildert haben, erheben sich Gebirgsketten oder einzelne Berge, die mit anderen Vegetationstypen bekleidet und in Zonen nach der zunehmenden Höhe über dem Meere geordnet sind.

In der eurasiatischen Nadelwaldregion erheben sich in Fenno-Skandia bedeutende Gebiete bis zur *regio subalpina* und zur *regio alpina*. Nicht wenige von den auf p. 341 angeführten erreichen gewöhnlich die *regio subalpina* und finden sich hier:

Ajuga pyramidalis
Carex digitata
» *ericetorum*
» *ornithopoda*
» *praecox*
Luzula pilosa
Melampyrum pratense
Melampyrum silvaticum
Melica nutans
Trichera arvensis
Triodia decumbens
**Viola canina*
» *mirabilis*
» *Riviniana*

wo sie, ohne jedoch eine wesentliche Rolle zu spielen, in *betuleta geraniosa* HULT und *b. hylocomiosa* HULT sowie in kleinen, hier eingebetteten Wiesenformationen angetroffen werden. Bisweilen gewinnen dieselben etwas weiter hinauf Eintritt in die *regio alpina inferior*, teils auf wiesenartigen, mit der Untervegetation des Birkenwaldes bewachsenen, aber ohne den Baumbestand desselben versehenen Flächen, teils hin und wieder auch in anderen Formationen.

In der mitteleuropäischen Waldregion finden sich mehrere der Vegetationstypen des eurasiatischen Nadelwaldes wieder und mit ihnen ihre Myrmekochoren, oder richtiger gesagt, sie werden in den höheren Zonen akkumuliert. Hierzu kommen aber noch reichliche Zuschüsse aus den Eichenmischwäldern und Buchenwäldern des Tieflandes und der Bergabhänge. Ungemein reich an Myrmekochoren scheinen die subalpinen *Larix europaea*-Wälder zu sein, wenn sie ihren ursprünglichen Zustand haben bewahren können. Eine stattliche Liste aus einem derartigen Wald — le forêt de Lanzon, 1500—1800 m ü. d. M. in den französischen Alpen, — liefert FLAHAULT in seinem Bericht über die Exkursion der Société botanique de France vom Jahre 1897

in la vallée de l'Ubaye.[1] In einem Hochwalde von *Larix* ist das Untergehölz zusammengesetzt aus 25 Baum- und Buschsorten, und von der Vegetationsdecke des Bodens wurden aufgezeichnet 117 Kräuter und Gräser, davon 7% Myrmekochoren:

Centaurea montana
Euphorbia dulcis
Hepatica triloba
Helleborus foetidus
Melampyrum nemorosum
Melica uniflora
**Pulmonaria angustifolia*
Trichera silvatica

Alle 8 Arten kann man, wenn man will, als Vorposten der Eichen- und Buchenwälder ansehen. Wenn wir in die subalpine Zone hinaufsteigen, treffen wir in den *Pinus Pumilio*-Wäldern, die in den mitteleuropäischen Gebirgen oft die Waldgrenze bilden, sofort eine Pflanzenformation an, der in Nordeuropa nichts Ähnliches entspricht. Bis hinauf zu diesen letzten Posten der subalpinen Zone gegen die alpine Vegetation lässt sich die Flora der Myrmekochoren repräsentieren. KERNER stellt in seinem Pflanzenleben der Donauländer (p. 308—309) die Vegetation sowohl der älteren als auch die der jüngeren *Pinus Pumilio*-Wälder der nordtirolischen Alpen zusammen. Von den 23 Kräutern, die er aufzählt, sind 3, oder 13%, myrmekochor:

Arenaria muscosa
Centaurea montana
Galeobdolon luteum

Es liegt übrigens etwas Zufälliges im Auftreten der Myrmekochoren sowohl in dieser als auch in anderen Formationen der Zone. Aus den illyrischen Ländern findet man z. B. nicht die jetzt angeführten Arten in ADAMOVIČS[2] und BECKS[3] Listen wieder, sondern dafür *Triodia decumbens* und *Trichera silvatica*. Von den hiesigen subalpinen Wiesen und Gebüschen aus, wo unter den sehr wenigen Myrmekochoren die fast regelmässig wiederkommende *Centaurea montana* sowie *Thesium alpinum* zu bemerken ist, können bisweilen einige Myrmekochoren, z. B. *Melampyrum silvaticum*, sich bis in die alpine Region hinauf verirren.

Die Waldpflanzen und die lithophytischen Pflanzenformationen.

Wie einige Myrmekochoren, die hier als Waldpflanzen aufgenommen worden sind, auch unter den Konstituenten der Wiesen und der Heide auftreten, so findet sich eine kleine Gruppe Arten, die man ebenfalls mit gewissem Rechte *Chasmophyten* oder geradezu *Lithophyten* nennen könnte. Sie kommen allerdings auch in Wäldern oder wenigstens auf wiesenartigen Partieen zwischen den Baumgruppen vor, aber sie pflegen sich auch, gewisse Arten sogar mit Vorliebe, an Felsabhängen, steinigen Talusbildungen usw. aufzuhalten. Besonders weiter im Süden macht sich diese Eigentümlichkeit noch mehr bemerkbar, woselbst derartige Lokale wegen der Ver-

[1] Rapport de M. CH. FLAHAULT sur les herbarisations de la société botanique de France — — dans la vallée de l'Ubaye.
[2] Die Vegetationsformationen Ostserbiens, p. 188.
[3] l. c. p. 377.

nichtung der Wälder bedeutendere Areale als in nördlicheren Berggegenden einnehmen können. Auf Sizilien zeigen z. B. *Euphorbia Bivonae* und *Melica major* wegen ihres Vorkommens auf Kalkfelsabhängen, dass sie zu dieser Gruppe gehören. Die oben behandelte Pflanzenwelt der südfranzösischen Gariguen ist in gewissen Entwicklungsformen, in denen die Myrmekochoren nicht durchaus fehlen, chasmophytisch oder lithophytisch. Noch weiter in der Richtung auf diese Entwicklungsform sind die illyrischen Karsthaiden vorgeschritten.

Es fragt sich nun, ob wir in der europäischen Flora Myrmekochoren entdecken können, die zu den wirklichen Chasmo- und Lithophyten zu rechnen wären.

Die Gattung *Cyclamen*[1] hat nach den Untersuchungen HILDEBRANDS Samenkörner, die für die Ameisen sehr verlockend sind. Von den europäischen Arten findet man 5 (*C. coum*, *europaeum*, das auch in Mitteleuropa gedeiht, *hiemale*, *repandum* und *neapolitanum*) in den Wäldern und Gebüschen Südeuropas wieder, aber 2 (*C. persicum* und *graecum*) scheinen auf dürren Felsen vorzukommen. Leider liegen bis jetzt nur sehr unbestimmte Angaben über die Standortverhältnisse dieser zwei Arten vor.

In der Gattung *Arenaria* subg. *Moehringia*, in der ich in zwei Fällen, bei *A. muscosa* und *A. trinervia*, einen elaiosomartigen Anhang am Samengrund feststellen konnte, gibt es vielleicht, wenn man den Andeutungen der Floren Glauben schenken darf, einige Arten, die myrmekochor sind und zu den Chasmophyten gehören. *A. muscosa* tritt selbst oft so auf. So habe ich dieselbe als allgemein in der bekannten nach der Entwaldung entstehenden »casse» auf den Abhängen des M. Ventoux aufgezeichnet, aber auch wahrgenommen, dass diese Art daselbst im Schatten der Buchenwälder gut gedieh. (Mai 1902).

Eine »Steppenpflanze», *Adonis vernalis*, findet, so weit ich finden kann, keine Aufnahme in der eurasiatischen Steppenregion noch unter den westlichen Vorposten derselben in irgend einer geschlossenen Waldformation, sondern nur auf offenen Stellen in denselben. Vom allgemein pflanzengeographischen Gesichtspunkte aus ist dies eine Steppenpflanze, aber rein edaphisch betrachtet, ist diese Art zu den Chasmophyten zu rechnen, denn ihr dritter Hauptstandort sind nächst den Steppen und offenen Stellen in Wäldern trockene Fels- und Geröllfluren, vor allem aber auf Kalkstein oder Gips liegend.

Ruderalpflanzen.

Die Einteilung in *Waldpflanzen* und *Ruderalpflanzen*, welche bei dieser Untersuchung zum Ausgangspunkte genommen wurden, ist zunächst auf die nord- und mitteleuropäischen Verhältnisse gegründet. Die Pflanzen, die hier Waldpflanzen genannt wurden, sind die Autochthonen, die in einer ursprünglichen Vegetation ihr Heimatsrecht überall in den Wäldern haben, wenn auch, was die besonderen Arten betrifft, in ganz verschiedenartigen Ausbildungsformen derselben. Sie sind ferner mit wenigen Ausnahmen (eigentlich nur *Melampyrum*-Arten und *Arenaria trinervia*) Polla-

[1] Fr. HILDEBRAND, Die Gattung Cyclamen L. Fr. HILDEBRAND, Über einige neue und andere noch nicht lange aufgefundene Cyclamenarten. Beihefte zum Botanischen Centralblatt. Band XIX. Heft 2. Leipzig 1906.

kanthen. Die myrmekochoren Ruderalpflanzen sind fast alle Hapaxanthen, an Plätze gebunden, wo der Boden offen zu Tage liegt und gelockert wird, so dass sie sich eine Zeit lang vor den vom Klima sehr begünstigten Pollakanthen retten können. Wo sie aber von der Kultur, besonders vom Ackerbau, im Stiche gelassen werden, gehen sie wie auch andere Ruderalpflanzen im Kampfe mit den letzteren unter, und in dem alles umfassenden Walde finden einige wenige von ihnen auf Brandstätten, auf Bergrutschen, im Boden ausgehobener Baumwurzeln sowie an Ufern und dergl. nur äusserst zufällige Entwicklungsmöglichkeiten.

Viel anders ist indessen auch ihr Verhalten weiter südlich in der Mittelmeerregion nicht, obwohl man bei einem flüchtigen Blick auf die Tatsachen etwas anderes hätte erwarten sollen. Es ist ja eine allgemein bekannte, oft hervorgehobene Erscheinung, dass das Klima hier die Entwicklung der Hapaxanthen im allgemeinen begünstigt.[1] Der Reichtum an solchen, die auf offenen Standorten verschiedener Art gegenwärtig dort vorkommen, ist sehr auffallend. Aber der Umstand, dass sie auch allgemein sowohl was Individuen- als auch Artenanzahl anbelangt, in dichten Beständen von Büschen und Bäumen, in Gariguen, Maquis, *Pinus halepensis*-Wäldern etc. vorkommen, gehört zu den Erscheinungen, die den nordischen Botaniker in Erstaunen setzen, wenn er die südeuropäische Vegetation zum ersten Male kennen lernt. Es ist hier nicht der Platz, auf die Ursachen näher einzugehen; was in Bezug auf die Entwicklungsgeschichte der genannten Wald- und Buschformationen interessiert, ist der Umstand, dass die Antwort auf die Frage, warum die Hapaxanthen hier so reichlich vorkommen können, nicht nur in dem direkt günstigen Einflusse des mediterranen Klimas auf das Gedeihen derselben zu suchen ist, sondern auch in der schwächenden Einwirkung einer ganz regenlosen Periode des mittelländischen Sommers auf ihre gefährlichsten Rivalen in Kampfe ums Dasein, die perennen Stauden. Um auf die myrmekochoren Ruderalpflanzen zurückzukommen, so treten nach dem, was ich habe beobachten können, in der Mittelmeerregion nur folgende in mehr ursprünglichen Gariguen und Maquis allgemein auf:

Fedia Cornucopiae *Theligonum Cynocrambe.*

So klein ist schliesslich also vorläufig die die beiden Hauptgruppen, Wald- und Ruderalpflanzen, verbindende Zwischengruppe, in welche ich die europäischen Myrmekochoren eingeteilt habe.

Auch keine andere der offenen Stellen im Mittelmeergebiete, welche hapaxanthe Myrmekochoren besitzen, waren, so weit meine Beobachtungen reichen, etwas anderes als Kulturprodukte: Weideplätze, Äcker, Mauern, Strassenränder usw. In der Literatur werden natürlich die in Rede stehenden Hapaxanthen für verschiedene, von Busch- und Baumbeständen nicht beschattete »offene Formationen» angegeben. Aber man stösst auf unüberwindliche Schwierigkeiten wenn man einzig und allein auf Grund dieser Angaben trennen will zwischen denen, welche auf den vom Menschen

[1] Sie bilden z. B. nach Goeze, Die Pflanzenwelt Portugals p. 403 etwa 34 Prozent der ganzen Flora von Portugal.

beeinflussten Gebieten wachsen, und solchen, die in ganz ursprünglichen Pflanzenformationen vorkommen, da die betreffenden Verfasser fast niemals eine solche Unterscheidung vorzunehmen suchen.

Aber jedenfalls wird man in der mediterranen Region noch solche offene Stellen von ursprünglicher Natur antreffen können, in deren Flora die Myrmekochoren, die hier Ruderalpflanzen genannt worden sind, vorkommen. Einen solchen Standort hat man z. B. an sonnigen Felswänden und Abstufungen zu suchen, die infolge ihrer Topographie niemals vom Wald bekleidet werden können. Von einigen wenigen der myrmekochoren Ruderalpflanzen weiss man nämlich so viel, dass sie an einigen Plätzen ganz ursprünglich als Petrophyten zu wachsen scheinen. Wenigstens gilt dies von *Centaurea Cyanus*, deren spontanes Vorkommen, wie in der Literatur hier und dort angegeben wird, zusammenfassend von C. F. Nyman[1] beschrieben worden ist: Sizilien: »in silvat. elatis» und »in apricis herbosis montanis», Griechenland: »in saxosis et inter frutices», Thracien »montano-pratensis» sowie Dobrudscha »in montibus lapidosis». Diese Art scheint also auch den Kampf mit Wiesenpflanzen und mit der Beschattung durch Gebüsche bestehen zu können.

Mercurialis annua v. Huetii wird von Hardy (l. c. p. 51—54) für äusserst trockene Talusbildungen am Fusse des Hortus und des Saint Loup unter Verhältnissen angegeben, welche auf eine ursprüngliche Existensweise hindeuten; auch Willkomm (l. c. p. 145) führt *Euphorbia segetalis* von den Schieferfelsen des nördlichen Portugal an.

Amberboa Lippii ist eine orientalische Pflanze mit einigen Vorposten in Europa, die sicherlich ursprünglich sind. Von einem Fundorte im südlichen Spanien sagt Willkomm:[2] »auf Schutt, wüsten Plätzen usw.» Willkomm (l. c. p. 78) setzt seine »Schuttplätze» = in ruderatis, weshalb dieses Vorkommen etwas unsicher wird, aber von einem andern auf der Insel Linosa sagt Nyman[3] »locis herbosis». Auch für *Trichera orientalis* scheinen die Angaben der Botaniker auf offene Fundplätze ursprünglicher Natur hinzudeuten.

Im grossen und ganzen jedoch haben wir in diesem Teile unserer Untersuchung, deren Hauptziel es ist, die Myrmekochoren der europäischen Vegetation sowie die Entwicklungsgeschichte derselben rein empirisch zu behandeln, nur zu konstatieren, dass in der gegenwärtigen Pflanzenwelt von Südeuropa die in Rede stehenden myrmekochoren Hapaxanthen, vom Standpunkte der Entwicklungsgeschichte aus betrachtet, ungefähr dieselbe Rolle spielen wie in Mittel- und Nordeuropa. Nimmt man dagegen Rücksicht auf die Anzahl der Arten und ihre Standorte, so ist der Unterschied höchst bedeutend. Dieselben sind sämtlich beträchtliche Bestandteile der Flora der Mittelmeerregion und stehen, wie schon angedeutet, nicht nur auf Äckern, in Weinfeldern, Olivenwäldern und Gärten, sondern auch an Strassenrändern, an Bahndämmen, in Steinbrüchen, auf Weideplätzen, auf Mauern, auf »les landes» (so nennt man in Süd-

[1] Conspectus p. 424, Supplementum p. 185.
[2] Pflanzenverbreitung auf der Iberischen Halbinsel p. 227.
[3] Supplementum p. 184.

frankreich brachliegende Äcker und Weinfelder) usw.[1] Ein guter Teil von ihnen steht unter denselben Verhältnissen im südlichen Teile der mitteleuropäischen Waldregion; wenn man aber von den Ballastplätzen, den Umgebungen der botanischen Gärten etc. absieht, so erreicht nur eine kleine Anzahl das nördliche Europa, und hier bilden den wichtigsten Standort derselben die Felder.

Nebenbei sei erwähnt, dass auch in der mitteleuropäischen Waldregion und in der nordeuropäisehen Nadelwaldregion eine von diesen myrmekochoren Hapaxanthen, nämlich *Viola tricolor*[2], sowohl als Ruderalpflanze vorkommt als auch einen durchaus natürlichen Standort hat, nämlich Felsformationen, wo sie sich häl, mögen dieselben dem Schatten ausgesetzt sein oder nicht.

Wie verhält es sich nun in den Steppen, Vegetationstypen, die wie bekannt für die Entwicklung von Hapaxanthen sehr geeignet sind?

Für die nicht unbedeutenden Steppengebiete der iberischen Halbinsel gibt Willkomm (l. c. p. 75) *Nonnea alba* als eine stets wiederkehrende Charakterpflanze an, und hier dürfte diese Art, die z. B. im südlichen Frankreich als Unkraut auftritt, ganz ursprünglich sein. Was den südosteuropäischen Teil der eurasiatischen Steppenregion betrifft, so ist, soweit ich aus der vorliegenden Literatur habe entnehmen können, mit Ausnahme von **Nonnea pulla* und *Lamium amplexicaule*, keine für die wirklich jungfräuliche Steppe bekannt.[3] Dagegen findet man Myrmekochoren in Pflanzenverzeichnissen solcher Steppen wieder, die gelegentlich als Acker verwendet werden, und hier dürften dieselben also vorläufig zu den Ruderalpflanzen gerechnet werden können.

Eine Übersicht der Verteilung der myrmekochoren Ruderalpflanzen in Europa[4] sieht wie folgt aus (zu bemerken ist, dass alle wirklich zufälligen Fundstellen, wie Ballastplätze, Orte in der Nähe von Woll- und Getreidemagazinen, botanischen Gärten usw. unbeachtet gelassen sind):

---

[1] Als Beispiel davon, wie zahlreich die Myrmekochoren bisweilen auf diesen Ruderalplätzen (dieses Wort, sowie auch das Wort Ruderalpflanzen, ist hier so umfassend als möglich zu nehmen) auftreten können, sei hier eine Aufzeichnung (19 $^{10}/_{5}$ 02) von einer kleinen Probefläche von 4 qm im H. B. Monsp. wiedergegeben, woselbst die Vegetation sich frei entwickeln kann. Hier wurde folgendes aufgeschrieben:

Allium sp (steril) einzeln.
Anchusa officinalis (steril) einzeln.
Convolvulus arvensis (steril) spärlich.
Falcaria Rivini (») »
Fumaria officinalis (Anthese—Fruchtabfall) zerstreut.
Fumaria spicata (Anthese—Fruchtabfall) reichlich.
Galium Aparine (Knospe—Postfloration) einzeln.
Papaver Rhoeas (Knospe—Anthese) spärlich.
Lamium amplexiaule (Knospe—Fruchtablösung) zerstreut.
Melilotus officinalis (steril) einzeln.
Roemeria cfr *hybrida* (Knospe—Anthese) einzeln.
Veronica agrestis (Anthese—Samenablösung) spärlich.
Veronica hederaefolia (Samenablösung) zerstreut.

von denen 6 (46,2 %) Myrmekochoren sind und welche ausserdem die Vegetation beherrschen.

[2] Die psammophilen Elementararten von *V. tricolor* zu untersuchen, hatte ich keine Gelegenheit.

[3] Vom südlichen Russland schreibt mir G. Tanfiljew (Odessa 14/27 April 1906): »*Nonnea lutea* auf freien, sandigen Stellen, nicht auf eigentlichen Steppen, wo *Nonnea pulla* häufigst. — *Lamium amplexicaule* in Steppen anf gepflügtem Lande, selten auf eigentlichen Steppen.»

[4] Als Hauptquelle habe ich Nymans Conspectus benutzt, ausserdem einige speziell floristische und pflanzengeographische Werke, wie z. B. Höck, Kräuter Norddeutschlands.

	Die Mittelmeerregion	Die mitteleuropäische Waldregion[1]	Die eurasiatische Nadelwaldregion
Ajuga Chamaepitys	+	+	–
Amberboa Lippii	+		–
Anchusa arvensis	+	+	+
» *officinalis*	+	+	+
Borrago officinalis	+	+	
Centaurea Cyanus	+	+	+
Carduus nutans	+	+	–
pycnocephalus	+	–	–
Euphorbia peploides	+	–	–
» *peplus*	+	+	–
» *segetalis*	+	+	–
Fedia Cornucopiae	+		
Fumaria capreolata	+	+	–
» *officinalis*	+	+	+
» *spicata*	+	–	–
Galactites tomentosa	+	–	–
Lamium amplexicaule	+	+	+
» *purpuruem*	+	+	+
Mercurialis annua	+	+	–
Nonnea alba	+	–	–
» *lutea*	+	–	–
» *nigricans*	+	–	–
» *rosea*	+	–	–
Parietaria lusitanica	+	–	–
Reseda Phyteuma	+	+	–
Theligonum Cynocrambe	+	–	–
» *orientalis*	+	–	–
Veronica agrestis	+	+	+
» *Cymbalaria*	+	+	–
» *hederaefolia*	+	+	
» *panormitana*	+	–	–
Viola arvensis	+	+	+
» *tricolor*	+	+	+
Summe	33 (100 %)	17 (51,5 %)	9 (26,3 %)

Die eigentlichen Ruderalpflanzen sind nach BISCHOFFS und KIRCHNERS Terminologie:[2] »Pflanzen, welche zu ihrer Ernährung grösserer Mengen von Ammoniak oder Nitraten bedürfen und sich deshalb auf Schutt- und Abfallsplätzen in Ortschaften und dergleichen ansiedeln». Unter diesen gibt es indessen eine Gruppe, zu welcher auch Myrmekochoren gehören, für die man einen Ausdruck von HÖCK[3] gebrauchen sollte:

Subruderalen. Diese dringen in diejenigen Pflanzenformationen ein, deren Standorte durch Zufuhr von Ammoniak oder Nitrat beeinträchtigt worden sind. Dies kann dadurch geschehen, dass der Platz entweder direkt gedüngt oder auch als Weide-

[1] Einige Vorposten der Mittelmeerregion, die in den südlichen Teil des Gebietes eingedrungen sind. werden natürlich nicht mitgerechnet. Dasselbe gilt mutatis mutandis von der nordeuropäischen Nadelwaldregion,

[2] Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas I. p. 51.

[3] Laubwaldflora Norddeutschlands p. 302: »Dass die Mehrzahl der hapaxanthen Vertreter der Laubwaldflora in ihrer Verbreitung einige Abhängigkeit vom Menschen zeigen, also subruderal auftreten (gleich oben bezeichneten Stauden) habe ich schon in meiner Arbeit über die »Kräuter Norddeutschlands» (Englers bot. Jabrb. XXI 1895, S. 75 ff.) nachzuweisen gesucht.»

platz benutzt wird, oder auch dadurch, dass sickerndes Wasser und Staubimprägnation diese Stickstoffverbindungen weiter verbreiten.

Chelidonium majus und *Lamium album* unter den Perennen, *Borrago officinalis*, *Euphorbia peploides*, *E. peplus*, *Fedia Cornucopiae*, *Parietaria lusitanica*, *Theligonum Cynocrambe* sowie *Veronica Cymbalaria*, *hederaefolia* und *panormitana* unter den Hapaxanthen gehören zu dieser Gruppe. In Partieen des Eichenmischwaldes, die in der oben angedeuteten Weise verändert sind, sowie in der Ausbildungsform desselben, den Haintälchen, ferner in petrophilen Formationen habe ich dieselben als Eindringlinge verzeichnet.

Für Bloemendaal bei Harlem habe ich unter dem dortigen Hochwalde, der aus Buche, Eiche, Esche und Ulme besteht, ausser den gewöhnlichen Waldpflanzen, wie

Anemone nemorosa
Anthoxanthum odoratum
Arenaria trinervia
Geum urbanum
Heracleum spondylium
Melandrium rubrum
Milium effusum
Rubus caesius
Stachys silvatica
Veronica Chamaedrys,

aufgezeichnet

Chelidonium majus
Lamium album
Veronica hederaefolia

unter folgenden ebenfalls subruderalen Pflanzen:

Aegopodium Podagraria
Alliaria officinalis
Cerefolium silvestre
Galium Aparine
Glechoma hederacea
Ranunculus acris
Rumex cfr. *crispus*
Taraxacum officinale
Urtica dioica

Ohne Zweifel trugen hier die starke Staubabgabe der benachbarten Äcker und der lebhafte Strassenverkehr (die geologische Unterlage ist feiner Sand) am meisten dazu bei, die Vegetation in nitrophiler Richtung zu verändern ($19^{7}/_{6}03$).

Veronica hederaefolia habe ich auch an anderen Stellen als Eindringling in den Buchen- und Eichenwald wahrgenommen. So sah ich diese Art auf den tiefer liegenden Teilen des M. Ventoux 480—500 m ü. d. M. in *Quercus sessiliflora*-Mischwaldungen, welche in der Nähe von Äckern und Wohnungen lagen, mit für diese Formation normaleren Myrmekochoren-Elementen zusammen, wie *Ficaria*, *Helleborus foetidus*, *Hepatica*, *Lamium maculatum*, *Mercurialis perennis* und *Viola hirta* ($19^{19-20}/_{5}02$).[1] — In Buchenmischwald, im Schlosswalde von Heidelberg, wuchs sie zusammen mit folgenden Myrmekochoren ($19^{19}/_{6}02$):

Ajuga reptans
Arenaria trinervia
Euphorbia dulcis
Galeobdolon luteum
Lamium album
Luzula pilosa
Melica uniflora

Veronica Cymbalaria habe ich in sizilianischen Maquis in der Nähe von Weideplätzen gesehen (Frühling 1903).

[1] Von diesen verdienen *Ficaria* und *Lamium maculatum* besondere Aufmerksamkeit, da sie in gewisser Beziehung zu den Subruderalen gehören, da sie in den Wäldern nahe an Kulturboden oft häufiger werden.

Die mehr oder weniger senkrechten Wände der sizilianischen Kalkfelsen haben eine wunderbar reiche petrophile Vegetation, die in Rissen und Vertiefungen wurzelt. Wo sich diese Felsen über Weideplätze oder Äcker erheben, ist der untere Teil derselben einer Staubimprägnation ausgesetzt, die die Einwanderung mehrerer Subruderalen zur Folge hat. — An einer niedrigen, gegen NW gerichteten Felswand bei St. Lorenzo, im Nordwesten der Insel, wurden z. B. folgende myrmekochore Subruderalen ($19^{7}/_{5}03$) aufgezeichnet:

Euphorbia Peplus
Parietaria lusitanica
Veronica panormitana

Wo die Felsenabhänge des Monte Pellegrino an Talusbildungen grenzen, die von Weideland eingenommen sind, ist ihre reiche Petrophyten-Flora mit verschiedenen Subruderalen vermischt. Auf einer Strecke in der Nähe von Arenella, wo die Abhänge nach N, NO und O gerichtet waren, erreichte dieser subruderale Gürtel eine Höhe von 5 m. Hier bestand die normale Vegetation ($19^{15}/_{5}03$) aus:

Asparagus albus
Capparis spinosa
Centaurea Cineraria
Chamaerops humilis,
Dianthus sp.
Euphorbia Bivonae
Helichrysum sp.
Melica major
Nothochaena sp.
Phagnalon sp.
Polypodium vulgare
Prasium majus
Rhamnus alaternus
Rosa sp.
Rubus sp.
Scabiosa cretica
Seseli Bocconii
Teucrium flavum
Thymus Zygis
Umbilicus pendulinus

gemischt mit folgenden Subruderalen:

Borrago officinalis
Parietaria lusitanica
Theligonum Cynocrambe
Veronica Cymbalaria

sowie

Calendula officinalis f. *hortensis*
Parietaria officinalis
Specularia speculum
Stellaria media
Urtica membranacea

Für die Entscheidung der Frage von der Stellung der jetzt behandelten Myrmekochoren in einer ursprünglichen Natur haben diese subruderalen Partieen der Pflanzenformationen ihre Bedeutung deswegen, weil sie jedenfalls noch lange vor dem Auftreten der menschlichen Kultur, normal existiert haben dürften. Ich denke hierbei an den Einfluss der grossen Säugetiere in der tertiären und quartären Periode. Von vielen derselben weiss man, dass nicht nur Individuen derselben Art sondern auch verschiedener anderer Arten massenweise gewisse Quellen und Uferpartieen im Innern des Waldes immer wieder zu besuchen pflegten, um zu trinken oder sich abzukühlen. Auf den lokalen Anhäufungen von Düngererde, die sich an den Wegen dieser Waldsäume anhäufen mussten, und in ihrer unmittelbaren Nähe fanden z. B. die soeben behandelten Subruderalen des Eichenmischwaldes sehr vorteilhafte Entwicklungsmöglichkeiten. Und in der Nähe von Grotten, welche bekanntlich sowohl in der tertiären als auch in der quartären Zeit in so grosser Ausdehnung von sowohl Säugetieren als auch von Vögeln in Anspruch genommen wurden, konnte die subruderale Petrophytenflora eine sichere Stätte finden.

Die Verteilung der Myrmekochoren in der Vegetation der ganzen Erde.

Meine direkten Untersuchungen über die Myrmekochoren habe ich nicht über Europa hinaus ausdehnen können und deshalb in diesem Kapitel bisher nur ihre Rolle in der europäischen Vegetation behandelt. Ein nicht kleiner Teil dieser Arten ist auch ausserhalb unseres Erdteils in wildem Zustande unbekannt. Aber die übrigen, und unter ihnen gibt es sowohl Wald- und Ruderalpflanzen als auch Lithophyten, gehören auch der Vegetation anderer Weltteile an. Die erste Aufgabe, die nun an uns herantritt, ist also die, ihre allgemeine Rolle auch hier kennen zu lernen.

Unter den fünf Regionen, in welche Europa eingeteilt worden ist, liegt nur eine, die mitteleuropäische Waldregion, vollständig innerhalb der Grenzen des Erdteils. Die arktische Region, die keine Myrmekochoren besitzt, können wir vollständig in ihrer ganzen Ausdehnung von Westen nach Osten ausser Acht lassen. Von den übrigen aber ist der europäische Teil der eurasiatischen Nadelwaldregion im Verhältnis zum Areal fast ganz als Ausläufer des sibirischen Waldgebietes zu betrachten; die Mittelmeerregion umfasst Partieen der Küsten von Nordafrika und von ganz Kleinasien, und die südosteuropäischen Steppen erstrecken sich nach Osten bis weit in Zentralasien hinein.

In der Ausstreckung und in den Grenzgebieten dieser drei Regionen haben wir einen Teil der Myrmekochoren zu suchen, die über die Grenzen Europas hinausgehen. Andere solche Gebiete sind die Kaukasusländer und die Gegenden südlich vom Kaspischen Meere, und schliesslich wanden einige von den Myrmekochoren der eurasiatischen Nadelwaldregion hinüber in die Waldgebiete von Nordamerika.

Waldpflanzen. — Wir erinnern uns von den vorigen Auseinandersetzungen her, dass die myrmekochoren Waldpflanzen sich fast vollzählig in den verschiedenen Entwicklungsformen der Eichen- und Buchenwälder der mitteleuropäischen und mediterranen Regionen wiederfinden. Diese Vegetationstypen erstrecken sich bekanntlich nicht bis an das *sibirische* Waldgebiet. In diesen Waldungen findet man auch der Hauptsache nach — ausser einigen nördlichen Formen der mitteleuropäischen Region — nur die Myrmekochoren wieder, welche die Wälder und Wiesen der nordeuropäischen Waldungen kennzeichnen, mit denen die sibirischen in Verbindung stehen. In Übereinstimmung hiermit ist auch diese Waldflora sehr arm an Myrmekochoren.[1] Ich kann es schon jetzt wagen, dies auszusprechen, obwohl es ja in dieser Flora mehrere Arten gibt, deren Verbreitungseinheiten ich weder in der Natur noch in botanischen Gärten habe studieren können und unter denen sich daher vielleicht Myrmekochoren befinden, von deren Vorhandensein ich noch keine Kenntnis habe. Denn der grösste Teil dieser von mir nicht untersuchten Arten gehört zu systematischen Einheiten, von denen ich wegen ihrer allgemeinen Organographie weiss, dass Myrmekochoren kaum zur Ausbildung gelangt sind um nur einige Beispiele auf Geratewohl auszu-

[1] Meinen Untersuchungen habe ich hauptsächlich zu Grunde gelegt:
A. K. Cajander, Studien über die Vegetation des Urwaldes am Lenaflusse.
N. J. Scheutz, Plantae vasculares Jeniseenses.
S. Sommier, Flora dell' Ob inferiore.

wählen: *Amentaceae*, *Ericaceae*, *Orchidaceae*, *Campanula*, *Epilobium*, *Saxifraga* etc. Von den etwa 340 Arten (unter denen etwa 268 Kräuter und Gräser[1]), welche z. B. CAJANDER (op. cit.) für alle Entwicklungsformen des Taigas (Urwaldes) im Flusstale der Lena angibt, sind nur folgende mit Sicherheit als myrmekochor bestimmt worden:

Carex pediformis
Chelidonium majus
Iris ruthenica
Polygala vulgaris

und die Arten, welche ich aus mehr oder weniger starken Gründen für Myrmekochoren halte, sind nicht mehr als etwa 11:

**Arenaria lateriflora*
**Corydalis impatiens*
**Euphorbia alpina*
* » *esula*
**Luzula rufescens*
**Pulmonaria mollis*
**Polygala sibirica*
**Thesium longifolium*
* » *repens*
**Viola* (etwa 2 Arten)

Also im günstigsten Fall 15 Arten oder 5—6 % der ganzen Kräuter- und Gräserflora.

Wenn man die ganze Artenanzahl berücksichtigt, so stellt sich hier dieselbe Armut heraus, da die myrmekochoren Ruderalpflanzen in Sibirien im grossen und ganzen dieselbe geringe Rolle zu spielen scheinen. Eine Zusammenstellung der Flora des ganzen sibirischen Waldgebiets steht mir nicht zur Verfügung, wohl aber einige Spezialfloren von ein paar ungeheuer ausgedehnten Gebieten in den Tälern der beiden anderen sibirischen Riesenströme, Ob und Jenisei.

SOMMIER (op. cit.) verzeichnet im Obtale vom 61°. bis zum 73°. 411 Phanerogamen, und zwar 280 in der Waldregion. Davon gehören zu den Myrmekochoren der ersten Kategorie Summa 4 Arten, unter diesen eine Ruderalpflanze (*Lamium amplexicaule*):

Lamium album (reicht auch in die arktische Region hinein)
Lamium amplexicaule
Luzula pilosa
Melampyrum pratense

und auf die zweite entfallen 3:

**Arenaria lateriflora* (reicht auch in die arktische Region hinein)
**Pulmonaria mollis*
**Viola canina*

Von der Mündung des Jenisei an bis noch Krasnojarsk verzeichnet SCHEUTZ (op. cit.) für die Flora des Tales 932 Phanerogamen. Folgende 16 Myrmekochoren gehören der ersten Kategorie an:

Carex ericetorum
» *pediformis*
praecox
Centaurea Scabiosa
Chelidonium majus
Cirsium acaule
Corydalis solida
Iris ruthenica
Lamium album
» *purpureum*
Luzula pilosa
Melampyrum pratense
Melica nutans
Myosotis sparsiflora
Viola hirta
» *mirabilis*

Zur zweiten Kategorie können folgende Arten gerechnet werden:

**Arenaria lateriflora*
**Centaurea phrygia*
**Corydalis bracteata*
* » *gracilis*

[1] Von diesen sind am besten etwa 10 Hydrophyten in Abzug zu bringen, welche kaum den eigentlichen Waldformationen angehören.

**Euphorbia*. 7 Arten werden angeführt, wahrscheinlich die meisten myrmekochor.
**Gagea pauciflora*
**Lamium barbatum*
**Luzula rufescens*
**Polygala comosa*
**Polygala sibirica*
**Pulmonaria mollis*
**Thesium reptans*
**Viola canina*
* » *silvatica* und vielleicht noch ein paar andere.

Die Wälder, in denen man die Myrmekochoren wiederfindet, sind teils Nadelwälder, die die eigentliche Taiga bilden, teils Laubwälder.

Die Myrmekochorenflora der *Pinus silvestris*-Wälder ist interessant, weil sie wie die Flora im ganzen genommen so sehr von der nordeuropäischen abweicht. Dieselbe kommt einem eigentümlicherweise wie der an Myrmekochoren reichste Nadelwaldtypus vor, während dagegen der *Picea obovata*- und auch der *Larix*-Wald ärmer daran zu sein scheint. In dem an Kräutern und Gräsern besonders reichen Kiefernwalde des obersten Lenatales findet man nach den Verzeichnissen CAJANDERS (l. c. p. 2—6) folgende Myrmekochoren:

**Arenaria lateriflora*
Carex pediformis
Chelidonium majus
**Euphorbia alpina?*
* » *Esula*
Iris ruthenica
**Luzula rufescens*
**Polygala sibirica*
Polygala vulgaris
**Thesium repens*
**Viola rupestris?*

Unter den Laubwäldern scheinen die hainartigen Birkenwälder, welche mit den fennoskandischen *betuleta geraniosa* Verwandtschaft zeigen, am reichsten an Myrmekochoren zu sein. In einer Standortaufzeichnung von einem aus *Pinus silvestris*, *Larix*, *Betula verrucosa*, *Salix*, *Crataegus sanguinea* etc. bestehenden Mischwalde bei Omoloj im Obtale, findet man in der Liste CAJANDERS unter c. 42 Kräutern und Gräsern (l. c. p. 7) folgende Myrmekochoren.

**Arenaria lateriflora*
Carex pediformis
Iris ruthenica
**Luzula rufescens*
**Pulmonaria mollis*
**Thesium repens*

Bis in die *nordamerikanische* Waldregion erstrecken sich nur einige Myrmekochoren der Wälder Europas. Unter diesen sind bemerkenswert *Hepatica triloba* und *Luzula pilosa*, die auch dort zur Untervegetation gewisser Laub- und Nadelwälder gehören.

Von grosser Bedeutung für einen Überblick über die Ausbreitungsverhältnisse unserer myrmekochoren Waldpflanzen ist die Vegetation der Waldregionen Südwestasiens, besonders die *der Kaukasusländer*, da nicht wenige von den Myrmekochoren, die die mitteleuropäischen und mediterranen Eichenmisch- und Buchenwälder kennzeichnen, hier in den entsprechenden Pflanzenformationen wiederzufinden sind. Die vorliegenden Vegetationsschilderungen weisen mit der grössten Bestimmtheit darauf hin, dass die myrmekochore Flora dieser Formationen sowohl in ihrem Reichtum als auch in ihrer Biologie vollständig mit der europäischen übereinstimmt. Am klarsten dürfte sich dies zeigen lassen durch folgende Auszüge aus den vortrefflichen Schilderungen RADDES[1] (l. c. p. 273—284) von der Pflanzenformation, die er »*Waldwiesen*» nennt

[1] Grundzüge der Pflanzenverbreitung in den Kaukasusländern.

und die in gewissen Teilen der kaukasischen Gebirgskette eine sehr bedeutende Rolle auf einer Zone, die 780—1370 m. ü. d. M. liegt, spielen sollen. — Der Baum- und Strauchbestand ist durch Eichen, Buchen, Haselstauden, *Acer campestre*, *A. laetum*, *Cornus* und *Crataegus*-Arten, *Philadelphus coronarius* etc. in parkartiger Gruppierung mit bedeutenden Schwankungen der Verbreitung auf der Sonnen- und der Schattenseite der Berge gebildet.

Von den offneren Plätzen im Walde und am Waldsaume werden beispielsweise angeführt:

**Ajuga genevensis*
» *orientalis*
Arenaria trinervia
Carduus nutans
Centaurea depressa
* » *phrygia*
**Melampyrum barbatum*
**Polygala anatolica*
* » *major*
**Thesium ramosum*
**Viola canina*
» *odorata*
* » *silvestris*

und »Im schattenden Walde und an feuchten Nordabhängen»:

**Corydalis*. 3 Arten
**Cyclamen coum*
**Euphorbia*. 2 Arten
Lamium amplexicaule
Luzula pilosa
Primula acaulis
Scilla cernua (Syn. *Sc. sibirica*)
**Symphytum grandiflorum*
» *tauricum*

Wir lesen auf p. 273 folgende Schilderung der Ökologie dieser Waldwiesen:

»*Wiesen der Nordabhänge.* Ende März (immer neuer Stil) regt sich gewöhnlich sichtbar der Frühling (in 780 m = 2600 r. F.) und es stellen sich dabei sofort die grossen Gegensätze zwischen N.- und S.-Exposition heraus. In den geschützten Engschluchten und an den Gehängen mit nördlicher Lage wird in noch winterlichem Walde mit *Helleborus caucasicus*, *Galanthus plicatus*, *Scilla cernua*, *Cyclamen coum*, *Primula acaulis rosea*, *Viola odorata*, *V. silvatica*, *Corydalis angustifolia*, weiss und rosa blütend, *Anemone caucasica*, *A. ranunculoides*, *Thlaspi latifolium*, *Lathraea Squamaria* und *Luzula Forsteri* die Flora eröffnet. Auf die offene Wiese tritt von diesen nur das Veilchen, alle anderen bevorzugen den Waldrand. Unter dem Haselstrauch, dessen Kätzchen jetzt stäuben und dessen Blattknospen platzen, durchbrechen die stumpfen Blütenkolben von *Lathraea* das angehäufte trockene Laubdach», oder diese l. c. p. 275: »Es ist Mitte Mai. Der Wald steht im jungen Laubschmuck; an den Rothbuchen ist es noch welk, nicht ausgewachsen. *Galanthus* und *Scilla* senkten die reifenden Kapseln zu Boden, an *Cyclamen coum* rollten sich in 3—4facher Spirale die Blütenstengel ein, an *Helleborus* sprangen die Carpellenwände auf». —

Das sind ja Schilderungen, die Wort für Wort, nach Ersatz von nur weniger vikariierenden Pflanzenarten, auf Tausende von den südeuropäischen Eichenmischwäldern oder Buchenwäldern angewendet werden könnten und die phänologischen Eigentümlichkeiten vortrefflich illustrieren, die ich oben als bezeichnend für eine grosse Gruppe myrmekochorer Waldpflanzen hervorgehoben habe.

Über die myrmekochoren Waldpflanzen derjenigen Gebiete der mediterranen Region, die an der Küste *Kleinasiens* und *Nordafrikas* liegen, ist nicht viel zu

sagen. Die meisten trifft man hier wieder in Maquis, gariguenartigen Formationen, *Quercus*- und *Pinus*-Wäldern, in Hecken, auf Rasenflächen, in Flusstälern etc., aber auch mehr oder weniger petrophytisch in derselben Weise wie im europäischen Teil der Region; doch ist es schwer, die Synökologie derselben zu erforschen, da die einschlägige Literatur hauptsächlich floristischer und allgemein pflanzengeographischer Natur ist. Mehrere der Ausläufer, welche von den laubabwerfenden Wäldern der mitteleuropäischen Waldregion in die *Quercus Ilex*-Wälder und die entsprechenden Buschformationen des europäischen Teiles ausgesandt werden, fehlen hier.

Ruderalpflanzen. — Über die myrmekochoren Ruderalpflanzen, die ausserhalb der Grenzen Europas liegen, können wir uns sehr kurz fassen. Die allermeisten findet man in den Mittelmeerregionen Afrikas und Kleinasiens. Die spärlichen Angaben über die Synökologie derselben sprechen, wie man erwarten kann, dafür, dass dieselbe ebenso geartet ist wie die europäisch mediterrane. Die Ruderalflora der makaronesischen Inseln hat einen mediterranen Charakter, dessen Umfang sich nach den vorliegenden Aufzeichnungen unmöglich bestimmen lässt.[1]

Für Madeira und die benachbarten Inseln führt Wahl (op. cit.) zwei Arten aus ursprünglichen Formationen an: *Galactites tomentosa* und vielleicht *Euphorbia segetalis*. Jene Art gehört zu »Andropogongræsgangen», einer Formation, die jedoch von der Kultur nicht ganz unbeeinflusst ist. — In dem Masse wie die Kultur der eurasiatischen Steppenregion nach Osten hin abnimmt, verschwinden auch die myrmekochoren Ruderalpflanzen, welche die Teile der russischen und ciskaukasischen Steppen auszeichnen, die bisweilen als Ackerfelder oder Weideplätze benutzt werden. — Nach Sibirien wandert nur eine geringe Zahl der Arten, und hier scheint ihre Existenz noch ephemerer zu sein als in Nordeuropa. Als Synanthropen sind einige von ihnen in neuerer Zeit die entfernten Gebiete der Erde vorgedrungen, besonders nach Nordamerika, aber ihr dortiges Auftreten hat für uns kein Interesse. Es ist ganz klar, dass diese ganze Gruppe von Myrmekochoren, die in welcher Richtung man sich auch von der Mittelmeergegend entfernen mag, rasch an Artenzahl abnimmt, gegenwärtig ihr Zentrum in der letzteren hat.

Wie schon wiederholt in dieser Arbeit hervorgegangen sein dürfte, hat man die Pflanzenarten, deren Myrmekochorie ich glaube nachweisen zu können, nur als einen Teil aller Myrmekochoren anzusehen, die an verschiedenen Enden unserer Erdkugel ausgebildet worden sind.

Die Myrmekochorenflora Europas, aus der das Material meiner Untersuchungen hauptsächlich herstammt, haben wir nun als einen Teil derjenigen kennen gelernt, welche das nördliche Waldgebiet der östlichen Halbkugel in seiner Gesamtheit auszeichnet. (Diejenigen Arten, die man in der nordamerikanischen Flora wiederfindet, sind so gering an Anzahl, dass sie in diesem Zusammenhang ausser Betracht gelassen

[1] Vergl. z. B.: Wahl, Madeiras Vegetation p. 9.

werden können). Es fragt sich nun: Umfassen die vorliegenden Untersuchungen über die Biologie der Myrmekochoren ein Material, das gross genug wäre, zur Generalisierug der europäischen Verhältnisse auf dem ganzen Gebiete angewendet werden zu können?

Nach meiner Überzeugung kann man diese Frage bejahend beantworten. Wie sofort näher gezeigt werden soll, besteht die Landflora dieses ganzen, ausserordentlich grossen Gebiets aus nur ein paar einander entwicklungsgeschichtlich nahestehenden Elementen. Die synökologischen Schilderungen, die sich von der Vegetation Sibiriens und der Kaukasusländer zusammenstellen lassen, geben bestimmt an die Hand, dass die europäischen Myrmekochoren, deren Verbreitung sich bis in diese Gebiete erstreckt, hier in Pflanzenformationen auftreten, welche biologisch vollständig mit den europäischen übereinstimmen. Dies ist ja nichts anderes als das, was man aus allgemein ökologischen Gründen zu erwarten berechtigt ist. Nun fragt es sich aber, ob es auch sicher sei, dass andere Myrmekochoren, welche durch künftige Untersuchungen nicht nur in diesen, sondern auch in den am besten untersuchten Gebieten Europas entdeckt werden können, ebenfalls Konstituenten dieser Pflanzenformationen sein werden?

Ich habe schon angedeutet und an Beispielen gezeigt, dass es viele und sehr grosse systematische Gruppen gibt, von denen man, wenn man den Grundtypus der Verbreitungseinheiten kennt, überzeugt sein darf, dass unter ihnen keine von myrmekochorer Konstruktion ausfindig gemacht werden können. Dagegen gibt es aber auch systematische Einheiten, bei denen man Gattung nach Gattung oder besser Art für Art untersuchen muss, ob nicht die Fortpflanzungseinheiten mit Elaiosomen ausgerüstet sind. Als Beispiele hierfür können gelten die Familien *Borraginaceae*, *Labiatae* und *Liliaceae*, die Gattungen *Corydalis*, *Fumaria* und *Viola* etc. Die myrmekochoren Fortpflanzungseinheiten sind, wie ich schon oben zu beweisen gesucht, in sehr grossem Umfange Tachysporen, was, da man ja die Abfallzeit derselben genau kennen und beobachten muss, zur Folge hat, dass dieselben verhältnismässig so schwach vertreten sind, und zwar nicht nur in dem Tauschmaterial der botanischen Institutionen — vergl. jeden beliebigen Samenkatalog —, sondern auch in den Museenabteilungen derselben. Und findet man sie in letzteren, so werden sie oft in getrocknetem Zustande verwahrt, die Elaiosome aber sind Gebilde, die in diesem Zustande gewöhnlich sehr einschrumpfen und darum leicht übersehen werden, was die unvollständigen Beschreibungen und Abbildungen der botanischen Literatur ja deutlich genug zeigen. Da also Sammlungen und Literatur nur knappe Aufschlüsse geben, habe ich mich hauptsächlich an das lebende Material halten müssen, das mir zu Gebote hat stehen können. Wegen der zahlreichen negativen Resultate, die ich bei diesen Studien erhalten, habe ich dann ausserdem noch die Anzahl der Pflanzenformen einschränken können, die myrmekochore Verbreitungseinheiten haben dürften. Die positiven Resultate sind nicht gross, aber alle diejenigen Formen, bei denen ich elaiosomartige Gebilde gefunden, wenn ich auch ihre Myrmekochorie nicht durch direkte Wahrnehmungen und Experimente habe nachweisen können, waren Wald- oder Ruderal-

pflanzen. Für einige aussereuropäische verwilderte Pflanzen des nördlichen Waldgebietes der alten Welt:

Corydalis nobilis
Hyacinthus orientalis
Ornithogalum nutans

habe ich auch Myrmekochorie feststellen oder wahrscheinlich machen können. Von diesen ist die erstgenannte sicher sibirisch und die anderen sind jedenfalls westasiatischer Herkunft. Wie sich ihre Synökologie, wenn sie ursprünglich sind gestaltet, habe ich nicht mit Sicherheit erforschen können,[1] aber es ist mir gelungen, festzustellen, dass sie, wenn verwildert, in Mittel-Europa in die Eichenmischwälder und die mit denselben zusammenhängenden Wiesenformationen übergehen und sich hier denjenigen Waldpflanzen biologisch anschliessen, welche nach zeitigem Erblühen ihre Samen hastig verbreiten, ohne die floralen Achsensysteme zu verstärken.[2] — Ich fühle mich darum gewissermassen berechtigt anzunehmen, dass die neuen Myrmekochoren, welche man im nördlichen Waldgebiete der östlichen Halbkugel finden wird, sich als Waldpflanzen herausstellen werden, oder als Ruderalpflanzen, deren Zentrum sicher wie das der vorhergehenden das Mittelmeergebiet ist.

Wie sich die Ökologie der Myrmekochoren in anderen Erdteilen gestalten wird, lässt sich nicht leicht sagen.

Das Material, das schon jetzt vorliegt, spricht vielleicht dafür, dass uns hier eine neue Gruppe begegnet oder wenigstens eine, von der wir in Europa nur eine Andeutung haben. In den Gebirgen und Wüsten, die in Kleinasien und Nord-Afrika an das mediterrane Gebiet grenzen, gibt es nämlich eine Gruppe von Chasmo- und Petrophyten, für deren Vorposten die obengenannten europäischen angesehen werden könnten. Da sind zuerst mehrere Arten der Gattungen *Euphorbia*, *Amberboa* und *Cyclamen* anzuführen. — Die Gattung *Euphorbia*, in der schon die europäischen Arten eine weit gründlichere Revision der mehr generellen Myrmekochorie, die Kerner angenommen hat, erfordern, als ich hier habe vorlegen können, und deren Caruncula oft Elaiosomnatur angenommen zu haben scheint, ist hier durch mehrere chasmophytische Arten vertreten. — Murbeck[3] beschreibt ausführlich und bildet ab ein paar nordafrikanische *Amberboa*-Arten, *A. maroccana* Baratte u. Murbeck und *A. leucantha* Coss, die wie *A. Lippii* einjährig sind. Beide haben nach den Beschreibungen und Abbildungen Murbecks ebenso wie *A. Lippii* grosse Elaiosome, über die ich schon oben gesprochen habe. *A. maroccana* ist im westlichen Marokko, ohne Angabe des Standorts, gefunden worden, *A. leucantha* in den zu Marokko und Algier gehörenden Teilen der Sahara. Unter den Fundorten dieser Art findet man u. a. (l. c. p. 51) »rochers calcaires» und »in rupibus». — Was die europäischen *Cyclamen*-Arten betrifft, — alle Arten der Gattung sollen ja nach Hildebrand myrmekochore Samen haben — ist von den Standorten derselben bereits gezeigt, dass ein paar Ar-

[1] Über *Hyacinthus* vergl. p. 371.

[2] Ebenso verhält es sich mit *Scilla amoena*, von der man annimmt, dass sie aus einer Kulturform von *Scilla sibirica* entstanden sei.

[3] Contributions à la connaissance de la flore du Nord-Ouest de l'Afrique. Deuxième Série p. 56—58 Tab. XIII & XIV.

ten, *C. persicum*, das auch in Syrien, Palästina und vielleicht auch in Nordafrika vorkommt, und *C. graecum* auf dürren Felsen zu wachsen scheinen. Dies dürfte nach HILDEBRAND auch von *C. africanum* und *C. Rohlfsianum* gelten. Beide Arten sind nordafrikanisch, jene (Monographie p. 72) kommt »besonders in den Kalkbergen von Algier» vor, diese ist eine Wüstenpflanze, die »in der cyrenäischen Wüste» gefunden worden ist.

Ob *C. alpinum* Chasmo- oder Petrophyt ist, lässt sich nach der vorliegenden Literatur nicht entscheiden. Diese Art gehört jedoch zu einer kleinen Gruppe von Myrmekochoren, die das Zentrum ihrer Ausbreitung in den Hochgebirgen Kleinasiens zu haben scheint, wo man sie, nach vorliegenden Angaben zu schliessen, bis an die Grenze des ewigen Schnees finden kann; ihre Ökologie genauer kennen zu lernen wäre in hohem Grade wünschenswert. HILDEBRAND gibt l. c. p. 58 an: »Heimat auf den höchsten Bergen Kleinasiens, nahe am ewigen Schnee, z. B. im cilicischen Taurus». Von anderen *Cyclamen*-Arten gehört vielleicht *C. ibericum* hierher. Am interessantesten aber sind zwei Liliaceen, nämlich *Puschkinia scilloides* und *Chionodoxa Luciliae*. Beide Arten, deren besonders ausgeprägte Myrmekochorie durch die vorhergehenden Untersuchungen festgestellt worden ist, kommen nach BOISSIER in seiner Flora orientalis V p. 310—311 in der alpinen Region vor, jene wie die nahestehende *P. hyacinthoides*, sogar »ad nives». Im Kaukasus steigt *Puschkinia scilloides* sehr hoch hinauf, bis zu 10.000 russ. Fuss ü. d. M. (RADDE, Pflanzenverteilung der Kaukasusländer p. 332). Sie scheint nach RADDE den alpinen (und subalpinen?) Wiesenformationen anzugehören. Hat diese Art in diesem hohen Niveau ihr hauptsächliches Ausbreitungsgebiet oder ist sie hier eigentlich ein Vorposten der tiefer liegenden Pflanzenformationen? Auf jenen Wiesen befinden sich auch mehrere (z. B. *Ajuga orientalis*, *Galanthus*-Arten, *Melampyrum pratense*, *Symphytum asperrimum* etc.) von der überraschend grossen Menge Waldpflanzen, welche im Kaukasus die Baumgrenze überschreiten.[1] Es ist möglich, dass *Puschkinia* und *Chionodoxa* sowie auch die in ihrer ganzen Biologie so nahestehende *Scilla sibirica*, *Sc. bifolia* und *Galanthus nivalis*, die im Kaukasus, abgesehen von relativen Tieflandsfunden, bis in Höhen von 7000, 8300 und 9000 russ. Fuss ü. d. M. zu finden sind (RADDE l. c. p. 332—333), sowie *Hyacinthus orientalis*, für denBOISSIER (l. c. p. 310) ein Lokal »in alpinis montis Bakhyrdagh Ciliciae Kurdicae 7000'» hat, ein gemeinsames Verbreitungszentrum in einem der Wald- oder Strauch-Typen haben, die vielleicht als der normale Fundort anzusehen sind. Über die *Ch. Luciliae* nahestehende Art *Ch. cretica* sagt BOISSIER (l. c. p. 311): »Hab. inter fructices praesertim Berberidis Creticae in regione subalpina Cretae». — Es dürfte indessen von nicht geringem Interesse sein, zu erforschen, wie sich das Ameisenleben in den westasiatischen Hochgebirgen gestaltet.

In dem nordamerikanischen Waldgebiete dürften, was die Ökologie der Myrmekochoren anbelangt, eine Menge Analogien mit den eurasiatischen Waldtypen zu konstatieren sein. Es ist schon darauf hingewiesen worden, dass einige Myrmekochoren gemeinsam sind, und ausserdem haben sich sowohl einige korrespondierende Arten,

[1] Vergl. bei RADDE l. c. p. 326—370 das Verzeichnis von den in der alpinen und subalpinen Zone von 2000 bis 3650 m ü. d. M. und darüber gefundenenPflanzen.

als auch neue Typen in dieser Richtung entwickelt. So entspricht in den amerikanischen Wäldern *Viola pubescens* unserer *V. odorata* und *Asarum canadense* unserem *A. europaeum*. ROBERTSON und KERNER haben auch bei *Sanguinaria canadensis*, *Uvularia grandiflora* sowie *Trillium recurvatum* und ich bei *Nemophila insignis* Myrmekochorie nachgewiesen. Eine andere — wenn auch nur sehr schwach — myrmekochore Pflanze von Amerika ist *Claytonia perfoliata*, die dort in verschiedenartigen Pflanzenformationen eine grosse Verbreitung hat.

Über tropische Pflanzengebiete können wir uns kurz äussern. O. KUNTZES alte Wahrnehmung für die Tropen über den Ameisen-Transport des Samens von *Carica Papaya* regt zu weiteren Untersuchungen über die Myrmekochorie dieser Art an; sollte sich diese Wahrnehmung bestätigen, so wäre dadurch der erste Repräsentant einer neuen Grundform, der Bäume, für diese biologische Gruppe gefunden. Auch dürfte man dann in den Tropen auf grossartige Entdeckungen auf diesem Gebiete rechnen dürfen. Nichts ist gewöhnlicher als auf Zeichnungen von den Verbreitungseinheiten der tropischen Pflanzen eigentümliche Anhängsel abgebildet zu finden, und unter diesen dürften wohl mehrere Elaiosome sein.[1] Eine schöne Untersuchung auf diesem Gebiete liegt, wie schon in der Einleitung erwähnt, von R. H. LOCK[2] vor, durch Beobachtungen an Peradeniya nachgewiesen hat, dass Samenkörner von *Turnera ulmifolia* von Ameisen eingesammelt werden, derselbe hat auch festgestellt, dass der Arillus derselben ihr Verbreitungsmittel bildet.

Von anderen Florengebieten habe ich rein zufällige Untersuchungen, welche wenigstens die Existenz der Myrmekochorie auch hier konstatieren. So habe ich positive Resultate bei *Polygonum capitatum* vom Himalaya erzielt, ebenso bei *Reseda odorata*, die aus einem noch nicht näher zu bestimmenden Gebiete des Orients stammt, auch bei *Lachenalia pendula* und *tricolor* vom Kap, sowie bei *Triteleia uniflora* aus Südamerika.

Andererseits aber liegen schon jetzt Beobachtungen aus anderen Pflanzengebieten vor, die bestimmt darauf hinweisen, dass Myrmekochoren dort entweder fehlen oder wenigstens nur spärlich vertreten sind. Dass in der Arktis und Antarktis Myrmekochoren fehlen, ist ja ziemlich selbstverständlich und auch direkt bewiesen worden durch die Studien, welche der Verbreitungsbiologie dieser Gegenden gewidmet worden sind. Aber auch in gemässigteren Klimas fehlen sie. P. DUSÉN,[3] der die Verbreitungsbiologie der Vegetation der Magellansländer besonders studiert hat, sagt ausdrücklich: »Kein einziger Fall von synzoischer Samenverbreitung (Sernander) ist mir aus dem Gebiete bekannt», und C. SKOTTSBERG[4] kommt in Bezug auf einen Teil dieses Gebiets zu demselben Resultat.

[1] Ich habe in diesem Zusammenhang keine Veranlassung, auf E. ULE's (Vergl. z. B. Flora 1905, p. 491—497) interessante Untersuchungen über die brasilianischen Ameisenblumengärten einzugehen, wo wir es jedoch mit einer synzoischen Verbreitung durch Ameisen zu tun haben.

[2] Ecological Notes on Turnera ulmifolia.

[3] Die Pflanzenvereine der Magellansländer, p 503.

[4] Feuerländische Blüten.

Entwicklungsgeschichtliche Fragen.

Selektionsfaktoren.

Es dürfte zu voller Evidenz gezeigt worden sein, dass die Organe, denen ich den Namen Elaiosome gegeben, *Ökologismen*[1] sind, durch welche die Ameisen angeregt werden, mehr oder weniger bedeutende Dienste in der Verbreitungsbiologie der betreffenden Pflanzenarten zu verrichten, und dass grosse Gruppen von diesen Arten ihrem ganzen floralen System nach korrelative Struktur- und Wachstumphänomene darbieten, die sie von systematisch nahestehenden Typen mit anders konstruierten Verbreitungseinheiten unterscheiden. Wenn wir nun nach der *Ökogenese* dieser Elaiosome und den mit ihnen verbundenen allgemeinen Organisationsveränderungen fragen, so stehen wir vor dem wichtigsten und zugleich schwierigsten Problem der modernen Biologie.

Ohne weiteres anzunehmen, dass der in der Organisation der Verbreitungseinheiten und des floralen Systems bestehende Ökologismus, der sich für ihre Funktion den Ameisen gegenüber geeignet erwiesen hat, auch von diesen Tieren *hervorgerufen* wäre, ist nicht berechtigt. Die Frage ist — da ich der Ansicht bin, dass jede Ökogenese *indirekter* Natur sein muss, lasse ich das Vorhandensein einer *direkten* Anpassung ganz aus dem Spiel — die: ist es auch sicher, dass die Ameisen selber die Selektionsfaktoren der Ökogenese gewesen sind, oder sind diese andere, und ist der von ihnen gezüchtete Ökologismus den Ameisen sekundär zugute gekommen?

Um zu entscheiden, wie es sich damit verhält, meine ich, muss zunächst eine Antwort auf folgende, wesentlich geologische Fragen gegeben werden: Wie lange und in welcher Ausdehnung sind die Pflanzenvereine, auf die in der Gegenwart die ökologischen Haupttypen der Myrmekochoren verteilt sind, auf der Oberfläche der Erde vorhanden gewesen? — In welchem Umfang sind die Vertreter der Familie der Ameisen in diesen Pflanzenvereinen während ihrer Existenz aufgetreten, und welche Rolle haben sie hier gespielt?

---

[1] Über die Bedeutung der Ausdrücke Ökologismus und Ökogonese vgl. C. Detto, Die Theorie der direkten Anpassung, S. 30—31: »Wir wollen alle Anpassungszustände Ökologismen nennen und verstehen darunter sämtliche Einrichtungen, die auf Grund ihrer Struktur, ihrer chemischen oder motorischen Funktion als zweckmässige Zustände erscheinen.» Mit Ökonogese bezeichnet er »einen — historischen Anpassungsvorgang — ein Geschehen, das einen vorher nicht vorhandenen Ökologismus neu erzeugt oder erzeugt hat.»

Zunächst haben wir die Geschichte der europäischen Vegetation zu prüfen, da es diese Vegetation ist, die den eigentlichen Grundstock des Materials geliefert hat, auf das sich diese Arbeit gründet. Wir erinnern daran, dass unsere Untersuchung über die Ökologie der Myrmekochoren hier als Resultat ihre Verteilung auf zwei Gruppen ergeben hat: Waldpflanzen und Ruderalen.

Die *Waldpflanzen* waren zum allergrössten Teil in den mitteleuropäischen laubabwerfenden Eichenmisch- und Buchenwäldern zu finden, und ausserdem fanden sich, wie ich durch zahlreiche Beispiele zu zeigen versucht habe, mehr oder weniger zahlreiche Ausläufer dieser Flora in allen Waldtypen von der eurasiatischen Nadelwaldregion im Norden bis zur Mittelmeerregion im Süden und zu Steppenregion im Osten. Die Paläontologie und die entwicklungsgeschichtliche Pflanzengeographie haben uns bereits eine allgemeine Übersicht über die Zeit der Entstehung dieser Waldtypen und des Verlaufs ihrer Wanderungen durch die geologischen Perioden gegeben. Während des älteren und mittleren Teiles der Tertiärperiode herrschte in der Arktis, wie eine Reihe glücklicher, vor allem miocäner Funde rings um den Pol gezeigt haben, eine reiche Flora gemässigter Typen, hauptsächlich von solchen Gattungen, die sich jetzt in den gemässigten Teilen von Eurasien und Nord-Amerika finden. Von allergröstem Interesse ist die Tatsache, dass sich unter diesen Gattungen auch die finden, deren Repräsentanten, was Europa betrifft, die wichtigsten waldbildenden Bäume und Sträucher in der Nadelwaldregion unsres Weltteils und in der mitteleuropäischen Waldregion sind, und zwar nicht einzelne in wenigen Überresten, sondern viele so zahlreich, dass sie ohne Zweifel während jener entlegenen Zeiten auch in diesen Gegenden die Physiognomie der Wälder bestimmt haben. So können als allgemein vorkommend genannt werden: Arten der Gattungen *Acer*, *Alnus*, *Betula*, *Carpinus*, *Castanea*, *Corylus*, *Picea*, *Pinus*, *Populus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Viburnum* etc., und was von besonderem Interesse ist, eine Menge sommergrüner und auch wintergrüner *Quercus*- und *Fagus*-Arten, vertreten durch zahlreiche fossile Überreste. Es dürfte kaum ein Zweifel darüber walten, dass sich schon jetzt diejenigen Waldvereine zusammengeschlossen haben, welche, wenn man nach der Beschaffenheit der vorherrschenden Grundformen, der Bäume und der Sträucher, urteilen darf, in ihren architektonischen Grundzügen, d. h. in ihrem Schichtenbau,[1] den jetzigen europäischen Waldtypen analog sein müssen. Besonders erinnert uns das bunte Gemisch von Baumarten, die so viele der arktischen tertiären Ablagerungen auszeichnet, an die Analogie mit der Flora, die in den südskandinavischen Torfmooren noch aus der Zeit, wo hier Eichenmischwälder[2] die Vegetation beherrschten, erhalten liegt. Es kann keinesfalls die Rede davon sein, dass die Pflanzenreste eine Art Generalprobe einer Menge Pflanzenvereine repräsentierten, sondern sie müssen sehr lokal sein und von den Wäldern herstammen, die die Berge rings um die alten *Taxodium-Sequoia*-Sumpfwälder, in denen sich die fraglichen Bildungen oft absetzten, bekleideten. Während des letzten

[1] Kerner. Pflanzenleben der Donauländer p. 11. Hult, Försök till en analytisk behandling af växtformationerna, p. 6.

[2] Vgl., um beliebiges ein Beispiel zu wählen, die atlantische Flora im Gottersätermossen (Sernander und Kjellmark, Eine Torfmooruntersuchung aus dem nördlichen Nerike).

Teiles der Tertiärperiode zieht sich diese arcto-tertiäre Flora, wie ENGLER sie bekanntlich genannt hat, mehr und mehr nach Süden im Anschluss an die allgemeine Wärmeabnahme, die dann in der grössten Eiszeit der quartären Periode kulminiert. Als darauf das Eis zum letzten Male Nord-Europa verliess, rückten wieder die Wälder aus ihren südlichen Zufluchtsstätten in die Gebiete hinauf, aus denen sie das Landeis und die grossen Temperaturdepressionen vertrieben hatten. Die Kenntnis, die wir von der europäischen Flora der Pliocänzeit[1] haben, spricht in hohem Grade dafür, dass diese wieder nach dem Norden wandernden Wälder, mit gewissen Veränderungen und grosser Dezimierung der Artenzusammensetzung, aber auch mit einem im grossen ganzen beibehaltenen Grundtypus, ungefähr das Areal wieder zurückeroberten, das sie während jener Zeit beherrscht hatten.

Wenn es also bewiesen ist, dass die jetzigen europäischen Waldvereine als direkte Nachkommen der arcto-tertiären Wälder uralte Ahnen besitzen und dass sie ungeheure Gebiete der Erdfläche bedeckt haben, erübrigt es zu zeigen, dass die Ameisen in ihnen eine gleichartige Rolle wie auf dem jetzigen Waldboden spielten. Auch hier geben uns die geologischen Ablagerungen eine bestimmte, positive Antwort. Mehrere tertiäre Fossilfundorte führen zahlreiche Reste von Ameisen, und diese ganze Gruppe ist in dieser Formation reicher vertreten, als irgend eine andere unter den Insekten. In vielen von diesen Bildungen sind die fossilen Ameisen als die Repräsentanten einer Waldfauna zu betrachten. Im baltischen Bernstein, der bekanntlich in den an Nadelbäumen reichen Mischwäldern der Oligozänzeit gebildet ist, hat der Monograph der Ameisenfauna desselben, GUSTAV L. MAYR,[2] nicht weniger als 1279 Bernsteinstücke mit 1460 darin eingeschlossenen Ameisenindividuen, die 49 Arten und 23 Gattungen angehören, gefunden. Bei Öningen in Baden, wo die bekannten miozänen fossilführenden Schichten in einem kleinen, von einem den jetzigen südeuropäischen Eichenmischwäldern verwandten Waldtypus umgebenen See gebildet sind, hat man zahlreiche fossile Ameisen gefunden. Schon im Jahre 1848 konnte O. HEER[3] an 158 Individuen 28 Arten identifizieren. — Und sie sind nicht nur in Gattungen, die in der Gegenwart bei der Pflanzenverbreitung eine grosse Rolle spielen, z. B. *Lasius*, *Formica*, *Aphaenogaster* und *Myrmica*, vertreten, sondern teilweise auch in Arten, die den jetzigen ziemlich nahe stehen. *Lasius Schiefferdeckeri*, der in verschiedenen Varietäten im baltischen Bernstein so gewöhnlich ist, betrachtet MAYR (l. c. p. 45) als die Stammart mehrerer jetzt lebenden Arten, welche sich um *Lasius niger* gruppieren. *Formica Thetis* aus Öningen ist der *Formica rufa* ziemlich ähnlich, und die Bernsteinameise *F. Flori* ist von *F. fusca* kaum zu unterscheiden. Sehr nahe der rezenten *Myrmica sulcinodis* steht die *M. longispinosa* des Bernsteins usw.

Wir haben also festgestellt, dass die Waldtypen, die jetzt die Hauptgruppe der Myrmekochoren hegen, wenigstens von der älteren Tertiärzeit an in ungeheuren Gebieten fortgelebt und dass darin auch mehrere, den jetzt lebenden nahe verwandte Ameisen sicherlich dieselbe Rolle wie in unserer Zeit gespielt haben. Die geologischen Ver-

[1] Vgl. z. B. die Flora in den vulkanischen Tuffen von Cantal in Frankreich. SAPORTA, La monde des plantes p. 339—344.

[2] Die Ameisen des baltischen Bernsteins.

[3] Über fossile Ameisen.

hältnisse verbieten also nicht die Annahme, dass Ameisen der Selektionsfaktor der Erzeugung der myrmekochoren Ökologismen gewesen sind.

Der nächste Schritt unserer Untersuchung ist der, dass wir, davon ausgehend, dass die jetzigen Verhältnisse uralte Analogieen haben, klarzumachen suchen, ob in der Natur und in dem Bau unserer Waldvereine, besonders in denen der Eichenmischwälder, etwas liegen könnte, das bewirkte, dass der durch Ameisen ausgeführte Transport von Verbreitungseinheiten wirklich für gewisse ihrer Konstituenten bei ihrem Kampf ums Dasein eine Bedeutung hätte.

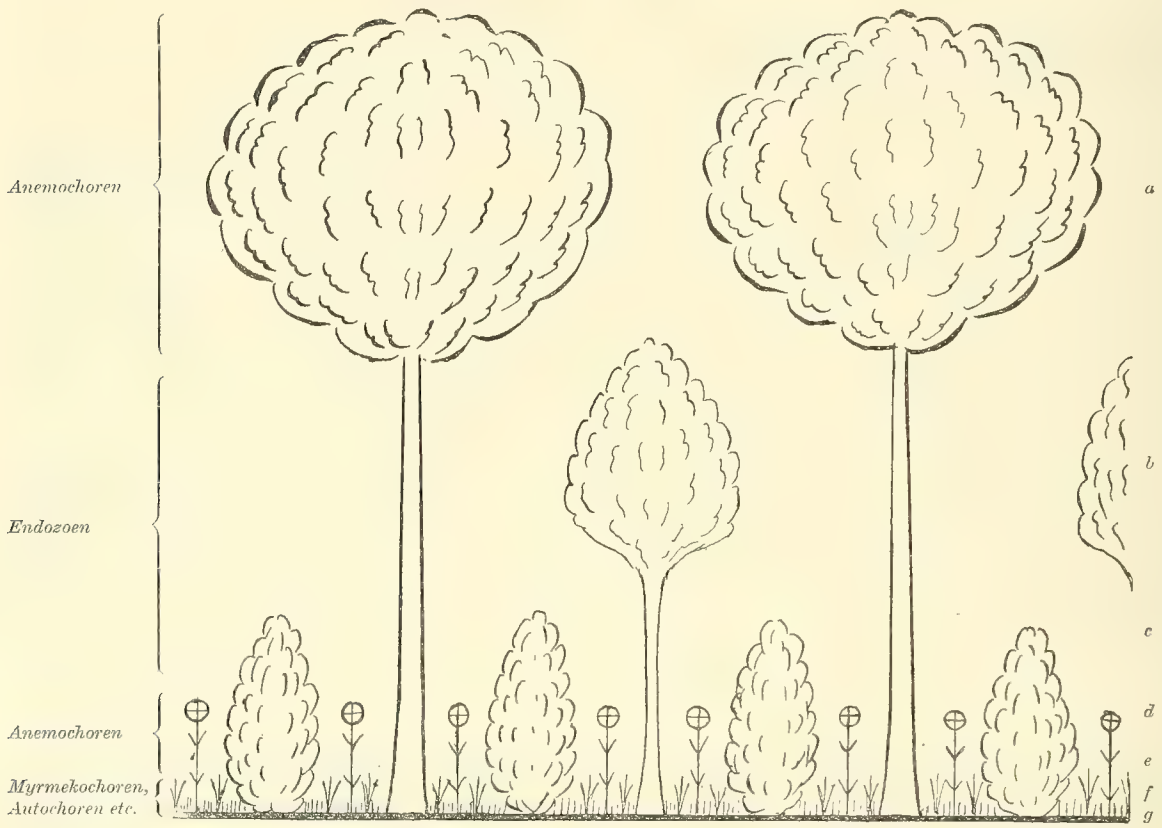


Fig. 29. Schnitt durch einen Wald zur Veranschaulichung der häufigsten Verbreitungstypen.

Dass zunächst die Ameisen in den verschiedenen Waldtypen der Gegenwart, und nicht am wenigsten im Eichenmischwalde, in einer solchen Menge und in einer so gleichmässigen Verteilung auftreten, dass sie hier gut dazu hinreichen, eine fast unbegrenzte Anzahl von Verbreitungseinheiten, wenn es ihnen einfällt, effektiv weiterzuschaffen, dürfte als eine wohlbekannte Tatsache betrachtet werden können, die übrigens auch durch all die hohen Zahlen, die ich in dem Vorhergehenden über die Grösse ihrer Transportarbeit gebracht habe, bestätigt wird. Wie ich in meiner Spridningsbiologi 355—360 näher entwickelt habe, steht die Verteilung der verbreitungsbiologischen Typen der Phanerogamen eines Pflanzenvereins und besonders der europäischen Wälder im bestimmten Verhältnis zu der Höhe über der Unterlage oder

mit anderen Worten, zu der Schicht,[1] die die betreffenden Pflanzen einnehmen. Fig. 29. Die Bäume der Hochwaldschicht (*a*) sind mit Ausnahme der *Cupuliferen* anemochor; die Bäumchen und Sträucher der Unterwald- (*b*) und Gebüschschichten (*c*) sind Endozoen; in der höchsten Feldschicht (*d*) herrschen vorzugsweise Anemochoren. In den darunter liegenden Schichten waltet ein buntes Gemisch verbreitungsbiologischer Typen: die Anemochoren, die noch in der mittleren Feldschicht (*e*) ziemlich häufig sind, treten in den beiden untersten Schichten (*f* und *g*), wo sich Autochoren und Myrmekochoren immer mehr geltend machen, entschieden zurück. Epizoen kommen ziemlich gleichmässig auf die verschiedenen Feldschichten verteilt vor. Ich suche nun zu beweisen, dass diese Verteilung der verbreitungsbiologischen Typen den Verbreitungsmöglichkeiten der betreffenden Schichten direkt entspricht. Die Hochwaldschicht ist natürlich in hohem Grade windexponiert, und zwischen den Strauchgruppen und Baumstämmen eines fertiggebildeten Waldvereins erreicht der Wind seine grösste Kraft in der höchsten und in der mittleren Feldschicht. In der untersten Wald- und Gebüschschicht, wo sie gegen Regen und Unwetter sowie gegen zahllose Feinde unter den Raubvögeln, Säugetieren und den Reptilien Schutz finden, verleben die beerenfressenden kleinen Vögel einen guten Teil ihres Daseins. Der Platz in den Feldschichten hat für die Epizoen weniger zu bedeuten, deren wichtigste Verbreitungsmöglichkeit darin liegt, dass ihre Verbreitungseinheiten an den Haaren von Säugetieren oder an den Federn von Bodenvögeln haften bleiben. In den beiden untersten Schichten tritt die Kraft des Windes in hohem Grade zurück, und eventuelle Wintersteher sind in den kalten—gemässigten Klimaten eine lange Zeit von Schnee bedeckt.

In diesen beiden Schichten herrscht denn auch die grösste Mannigfaltigkeit in den Verbreitungsvorrichtungen; die hierher gehörigen Pflanzen haben sich einer Menge verschiedener Verfahren bedienen müssen, um die Verbreitung ihrer Verbreitungseinheiten zu besorgen. Die Myrmekochorie ist meines Erachtens *ein* derartiges Verfahren. Die niedrigen Phanerogamen, die einst jene Plätze im Schichtensystem der Waldvereine bestanden, haben beim Aufbau ihrer Verbreitungseinheiten Nutzen ziehen müssen aus jedem Detail, das die auf dem Boden zahlreich herumwandernden Ameisen anregen konnte, sie aufzunehmen und ein kürzeres oder längeres Stück Weges von der Mutterpflanze fortzutragen.

Ich habe schon darauf hingewiesen, dass viele unter den myrmekochoren Waldpflanzen Schattenformen sind, also da auftreten, wo sie wegen der Dichtigkeit der Wald- und Gebüschschichten am wenigsten windexponiert sind, und wo sich also der Bedarf anderer Verbreitungsvorrichtungen als der anemochoren sehr stark geltend macht. So weit ich habe finden können, nimmt auch der Prozentsatz der Myrmekochoren in den Feldschichten der europäischen Wälder, je mehr sie beschattet werden, zu. Folgende Aufzeichnungen aus verschiedenen Waldtypen bezwecken, diese Erscheinung zu beleuchten.

Wenn man untersucht, wie sich die Myrmekochoren in dem entwickelten Eichenmischwalde nach den Beschattungsverhältnissen, die die Wiese, das Gebüsch und der geschlossene Hochwald jedes für sich bieten, verteilen, wird man finden, dass sie so-

[1] HULT, opus citatum.

wohl absolut als auch relativ im Verhältnis zu anderen Pflanzen und Gräsern in dem Masse zunehmen, wie die Beschattung der Feldschichten zunimmt. Wir wollen aus der eben zitierten Arbeit HESSELMANS einige beleuchtende Beispiele der Versuchsstation Skabbholmen anführen, die HESSELMAN für seine bekannten eingehenden Studien über das Pflanzenleben der schwedischen Laubwiesen wählte.

Wir stellen deshalb zuerst zwei Standortaufzeichnungen gegeneinander: eine von einem offenen Platze zwischen Baumgruppen mit wiesenartiger Vegetation (l. c. p. 352—353), die andere aus einem dicht angrenzenden »grossen Bestande von 4—5 m hohen, dichtstehenden Haselsträuchern, über welche sich einige Bäume, wie *Fraxinus excelsior*, *Picea excelsa* und *Sorbus aucuparia*, erhöhen. Im Sommer, wenn die Bäume und Haselsträucher völlig belaubt sind, ist der Schatten sehr stark und der relative Lichtgenuss am Mittag sehr schwankend; er betrug $^1/_{27}$—$^1/_{35}$ [1]) zwischen den Sträuchern und $^1/_{50}$—$^1/_{60}$ unmittelbar unter den Haseln.» In der Gebüschschicht waren die Sträucher ziemlich reichlich (l. c. p. 353—354).

	Wiese	Wald
Anzahl der Kräuter und der Gräser	40	40
Davon Myrmekochoren:		
Allium ursinum	—	*r* [2]
Gagea lutea	—	*e*
Hepatica triloba	—	*r*
Luzula pilosa	—	*e*
Melampyrum nemorosum	—	*e*
» *silvaticum*	—	*e*
Melica nutans	—	*e*
Mercurialis perennis	—	*e*
Triodia decumbens	*sp*	—
**Viola canina*	*z*	—
» *Riviniana*	—	*e*
Summe der Myrmekochoren	2	9
Prozent	5%	22.5%

Folgender Vergleich betrifft zwei Ausbildungsformen desselben Gebüsches. In der einen Standortsaufzeichnung besteht es aus reichlich *Juniperus communis*, spärlich aus *Lonicera Xylosteum*, *Ribes alpinum*, *Rosa glauca* und *Sorbus aucuparia* nebst vereinzelten *Cotoneaster integerrimus*, *Daphne Mezereum*, *Prunus Padus* und *Rhamnus carthartica*; ausserdem erheben sich einzelne Bäume über die Gebüschschicht (l. c. p. 333—334). In der anderen hatten sich die Wachholder vollständig zusammengeschlossen und bildeten »ein fast undurchdringliches Dickicht» (l. c. p. 334).

	Das dichte Gebüsch	Das sehr dichte Gebüsch
Anzahl der Kräuter und der Gräser	54	10
Davon Myrmekochoren:		
Arenaria trinervia	—	*e*
Luzula pilosa	*sp*	*sp*
Melampyrum nemorosum	*r*	—
Melica nutans	*e*	*t*
Mercurialis perennis	—	*r*
Viola Riviniana	—	*e*
Summe der Myrmekochoren	3	5
Prozent	5.5%	50%

[1] Nach WIESNERS Bezeichnung.

[2] Die HULT-NORRLIN'sche Bezeichnung: *ü* = üppig, *r* = reichlich, *z* = zerstreut, *sp* = spärlich, *e* = einzeln.

Schliesslich wollen wir zwei Standortaufzeichnungen von den auf etwas feuchtem Boden wachsenden Pflanzenvereinen besprechen, deren Entwicklung derjenigen der Haintälchen zu gleichen scheint. Die erste betrifft eine Wiese, in der feuchtigkeitsliebende Gräser eine hervorragende Rolle spielen und *Alnus glutinosa* vereinzelt vorkommt (l. c. p. 354). Die andere stammt aus einem daneben liegenden Eschenbestande mit eingesprengten Ebereschen und Erlen. Die Gebüschschicht beherbergt zerstreut *Fraxinus excelsior*, spärlich *Lonicera Xylosteum*, *Prunus Padus*, *Ribes alpinum* und *Viburnum Opulus* und vereinzelt *Berberis vulgaris*, *Juniperus communis*, *Rhamnus cathartica*, *Rosa canina* und *R. coriifolia*. »Der Schatten ist nicht besonders stark, am Mittag beträgt der relative Lichtgenuss $^1/_{10}$ vom gesamten Tageslicht» (l. c. p. 355).

	Wiese	Eschenbestand
Anzahl der Kräuter und der Gräser	32	35
Davon Myrmekochoren:		
Allium ursinum	—	*r*
Arenaria trinervia	—	*e*
Corydalis laxa	—	*sp*
Gagea lutea	—	*sp*
Hepatica triloba	—	*r*
Melampyrum nemorosum	—	*z*
Melica nutans	—	*r*
Mercurialis perennis	—	*r*
Triodia decumbens	*r*	—
**Viola canina*	*r*	—
» *Riviniana*	—	*sp*
Summe der Myrmekochoren	2	9
Prozent	6.25 %	25.7 %

Wenn ein Buchenbestand auf abgeholztem Boden aufwächst, unterdrückt er, je dichter er wird, den grössten Teil der lichtliebenden Kräuter und Gräser, die auf dem Schlage und in dem jungen Walde hervorgesprossen sind. Unter ihnen finden sich sehr spärlich Myrmekochoren, aber sehr merkwürdig ist es zu sehen, wie diese einwandern und sich immer stärker vermehren, je mehr der Boden die Natur und die Beschattung erhält, die den fertiggebildeten Buschwald auszeichnen. Um dies zu erläutern, sei folgende Tabelle über die Verteilung der Myrmekochoren in drei verschiedenen Entwicklungsstadien der Buchenwälder auf dem Böhmisch-Mährischen Plateau, wie sie KERNER im »Pflanzenleben der Donauländer» (p. 161—166 und 299—300) geschildert, mitgeteilt.

Stadium 1. Der Holzschlag einige Jahre nach der Abholzung mit nur jungen Pflanzen von Birke, Espe, Buche etc. bestanden.

Stadium 2. Die Baumpflanzen sind zu einem 1—3 m hohen Bestande aufgewachsen.

Stadium 3. Die Buche hat sich zu einem Bestand zusammengeschlossen, in dem die andern Bäume unterdrückt worden sind.

	Stadium 1	Stadium 2	Stadium 3
Anzahl der Kräuter und Gräser	46	25	31
Davon Myrmekochoren:			
Ajuga reptans	—	+	—
Carduus nutans	+	—	-
**Corydalis solida*	—	—	+
Gagea lutea		—	+
Lathraea Squamaria	—		+
Mercurialis perennis	—	—	+
Pulmonaria officinalis	—	—	+
Symphytum tuberosum	—	—	+
**Viola silvestris*	—	—	+
Summe der Myrmekochoren	1	1	7
Prozent	2.6 %	4 %	22.6 %

In den meisten Fällen sind die nordischen Birken-(Espen-)Wälder dazu verurteilt, in Fichtenwald zu übergehen. Im Schatten der emporwachsenden Fichten tritt eine starke Verdünnung der lichtliebenden Untervegetation des Birken-(Espen-)Waldes ein. Verhältnissmässig am mildesten trifft diese Verdünnung die Myrmekochoren, infolgedessen der Birken-Fichtenwald relativ reicher daran wird als der Birkenwald, aus dem er sich entwickelt hat. Folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Myrmekochoren in drei verschiedenen Entwicklungsstadien der Verwandlung eines Birken-Espenwaldes in einen sehr dichten Fichtenwald. Die Standortaufzeichnungen, die dieser Tabelle zu Grunde liegen, habe ich im Juli 1887 ganz nebeneinander auf Åskies bei Klockarhyttan in Nerike gemacht. Stadium 1 ist ein Birken-Espenwald, der lange vor Beweidung geschützt und in dem auch einige heranwachsende Fichten entfernt worden waren. Es ist das, was RAGNAR HULT in »Blekinges vegetation» Birkenhaine (»björkbackar») nennt. In Stadium 2 hat Vieh geweidet, und die Untervegetation ist durch den Schatten der Fichten stark beeinflusst worden. In 3 hat sich die Entwicklung zum Fichtenwald vollendet. Die Stadien 2 und 3 sind bei SERNANDER, »Studier öfver de sydnerikiska barrskogarnas utvecklingshistoria» p. 35 bis 40 veröffentlicht; Nr. 1 ist noch nicht veröffentlicht, wird aber in der zitierten Arbeit p. 34 erwähnt.

	Stadium 1	Stadium 2	Stadium 3
Anzahl der fertilen Kräuter und Gräser	55	26	4
Davon Myrmekochoren:			
Carex digitata	e	sp	e
» *montana*	z	z	—
* » *pilulifera*	e	—	—
Hepatica triloba	e	z	e
Luzula pilosa	sp—z	sp	—
Melampyrum pratense	z—r	e	—
» *silvaticum*	z—r	e	—
Melica nutans	e	—	—
Viola Riviniana	sp	sp	—
Summe der Myrmekochoren	9	7	2
Prozent	16.7 %	27 %	50 %

O. SENDTNER hat in seiner grundlegenden Arbeit »Die Vegetations-Verhältnisse Südbayerns» p. 475—478 alle Waldpflanzen seines Versuchsgebiets zusammengestellt. Die Konstituenten der Feldschichten verteilt er in zwei Gruppen: a) solche, die nur

im Walde vorkommen, b) solche, die andere Standorte, besonders die Wiese, mit den Wäldern gemeinsam haben. Es ist nun von Interesse zu sehen, dass auf die 170 Kräuter und Gräser der ersten Gruppe 32 Myrmekochoren fallen.

Allium ursinum
Carex digitata
* » *pilulifera*
Corydalis cava
» *fabacea*
**Cyclamen europaeum*
**Euphorbia amygdaloides*
» *dulcis*
Ficaria ranunculoides
Gagea lutea
Galanthus nivalis
Galeobdolon luteum
Hepatica triloba
**Helleborus niger*
» *viridis*
Lamium maculatum
Lathraea Squamaria
Luzula pilosa
**Melampyrum cristatum*
» *nemorosum*
» *pratense*
» *silvaticum*
Melica nutans
**Mercurialis ovata*
» *perennis*
**Pulmonaria angustifolia*
» *officinalis*
**Scilla bifolia*
Symphytum tuberosum
Trichera silvatica
Viola mirabilis
* » *silvestris*

also 19 %, während an der anderen die entsprechenden Ziffern 236 und 18 werden:

Ajuga pyramidalis
» *reptans*
**Arenaria trinervia*
Carex montana
» *praecox*
Centaurea Jacea
* » *montana*
Polygala vulgaris
Potentilla alba
Primula acaulis
Scilla amoena
Symphytum officinale
Triodia decumbens
**Viola canina*
* » *collina*
» *elatior*
» *hirta*
» *odorata*

Also 7 %. Wenn auch die Verteilung einiger Arten auf die verschiedenen Gruppen nicht ganz einwandfrei ist, so ist doch die gute Übereinstimmung dieser Kollektivzahlen mit den vorhergehenden spezielleren Angaben — z. B. mit denen über das Verhältnis zwischen den Myrmekochoren der offenen, wiesenartigen Flächen und denen der Gebüsche der Laubwiesen — der grössten Beachtung wert.

Wenn eine durch einen gewissen Ökologismus ausgezeichnete Pflanze demzufolge einem gewissen Vereinstypus angepasst erscheint und ihre eigentliche Verbreitung gerade hier hat, so ist es wohl am natürlichsten zu folgern, dass sie auch in diesem Typus und unter dem Einfluss der äusseren Verhältnisse desselben diesen Ökologismus angenommen hat. Die nächstvorhergehende kritische Untersuchung hat einen solchen Fall besprochen und auch Umstände ans Licht gefördert, die noch ferner darauf hindeuten, dass dies der Fall gewesen ist.

Es gibt jedoch Erscheinungen, die einer solchen naheliegenden Schlussfolgerung indirekt zu widersprechen vermöchten, die aber auch dafür zeugen könnten, dass

wenigstens einige myrmekochore Waldpflanzen ihre Elaiosome in anderen Pflanzenvereinen entwickelt hätten und dann infolge der Erwerbung dieser Eigenschaft in diejenigen Wälder eingewandert seien, deren Ameisenwelt ihnen gute Verbreitungsgelegenheiten in ihnen gegeben haben.

Ein sehr grosser Teil dieser Myrmekochoren zeichnet sich, wie mehrmals angedeutet worden ist, durch eine Eigentümlichkeit in der Periodizität ihrer Lebenserscheinungen aus, der zufolge man sie kurzweg als Frühlingsgewächse bezeichnen kann. Mit diesem Worte sagt man zunächst, dass sie im Frühling blühen. Am meisten als Frühlingsgewächse potenziert werden jedoch einige *Liliaceen*, *Amaryllidaceen*, *Corydalis*-Arten und *Ficaria*, welche zu dieser Zeit und im Vorsommer nicht nur blühen und Frucht tragen, sondern auch ihre ganze Assimilationstätigkeit vollenden und im Hoch- und Spätsommer, nachdem alle oberirdische Organe verwelkt sind, in eine fast vollständige Ruhe treten.

Seitdem Engler in seinem »Versuch einer Entwicklungsgeschichte» Ende der Siebzigerjahre des vorigen Jahrhunderts zu einem übersichtlichen Ganzen alle die reichen Anregungen gesammelt, die bis dahin aus der Geologie und der Pflanzenpaläontologie über die entwicklungsgeschichtliche Pflanzengeographie befruchtend eingeströmt waren, sind in diesem Fache die geologischen Erscheinungen in grossartigem Umfange der Ausgangspunkt für die Erklärung der heutigen Physiognomie der Pflanzenwelt. Speziell hat man so viel wie möglich aus der Eiszeit und der durch die Austrocknung der grossen spättertiären Binnenmeere in Südost-Europa und West-Asien entstandenen Steppenbildung herauszupressen gesucht. Was nun die Frühlingsgewächse, besonders jene sommerruhende Gruppe, betrifft, hat sich der Gesichtspunkt ganz von selbst geboten und ist auch kräftig verfochten worden, dass ihre Eigenschaft, früh zu blühen und die Lebenserscheinungen auf eine kurze Periode zusammenzudrängen, entweder in einem glazialen Klima oder in einem Steppengebiete — Steppen- und Glazialpflanzen, die gewisse Berührungspunkte miteinander haben, sind ja vor allen Dingen durch die frühe Blütezeit und die kurze Vegetationsperiode charakterisiert — erworben sei. Während der durchgreifenden Verschiebungen, die die Glaziationen in der Pflanzenwelt Europas hervorriefen, kamen einige dieser Glazial- und auch Steppenpflanzen in den Spuren des abschmelzenden Eises in Gebiete, die später im Anschluss an die stets zunehmende Verbesserung des Klimas von Wäldern und anderen, jenen Pflanzenformen neuen Vereinen bedeckt wurden, in denen sie aber gediehen und noch heute als wesentliche Elemente fortleben, in denen aber noch die Blütezeit und die zusammengedrängte Entwicklung von ihrer wahren Natur zeugen würden.

Wenn die myrmekochoren Frühlingspflanzen der Wälder *glazialen* Ursprunges wären, so wäre man berechtigt zu erwarten, dass sie auch jetzt in dem Klima verkommen würden, in dem sie sich entwickelt haben, d. h. in der arktischen Region, oder wenigstens in den alpinen Zonen der europäischen Hochgebirge. Wie oben gezeigt worden, ist dies aber nur ausnahmsweise der Fall, und, was mehr ist, mehrere unter denen, welche, wenn die Theorie richtig wäre, wohl nicht als Steppen-, sondern als Glazial-pflanzen, z. B. *Hepatica*, zu betrachten wären, haben sich als so wärme-

bedürftig erwiesen, dass sie die Grenze der edlen Laubbäume nur wenig überschreiten können.

Wären sie *Steppenpflanzen*, so müssten sie auch in der Vegetation der jetzigen Steppen wiederzufinden sein. Das ist wirklich bei einigen der Fall, besonders möchte ich *Gagea lutea* und *G. minima*[1] hervorheben; aber die meisten tun es nicht. Vgl. z. B. das oben zitierte Verzeichnis TANFILJEWS und RADDES aus den südrussischen Steppen, die jedoch der an myrmekochoren Pflanzen reiche Eichenmischwald so oft begrenzt und durchkreuzt.

Man könnte hiergegen einwenden, die Theorie sei so zu modifizieren: die nächsten Vorfahren der in Rede stehenden Frühlingspflanzen seien ausgestorben und zu den neuen Arteigenschaften ihrer Abkommen gehöre als neuerworben ein ungleichmässiges Wärmebedürfnis.

Wenn jedoch die Myrmekochorie ein Erbe der Mutterarten wäre, ist es schwer zu verstehen, wie dieser Ökologismus auf Steppen oder Tundren entstanden sein könnte. Heutzutage fehlen in der Arktis selbst Ameisen, und in der alpinen Zone kommen sie nur als Vorposten der unteren Zonen vor. In der Steppe leben sie freilich, aber hier sowie in den Hochgebirgen, wo die ohne Widerstand dahinstürmenden Winde die vortrefflichsten Verbreitungsgelegenheiten geben, muss ihre Arbeit mit dem Fortschaffen der Verbreitungseinheiten fast bedeutungslos sein. Nicht nur an die Tatsache, dass, wie eben gesagt wurde, die myrmekochoren Waldpflanzen nur Vorposten im glazialen Klima sind und eine verhältnismässig unbedeutende Rolle in der heutigen russischen Steppe spielen, sondern auch daran sei erinnert, dass zu der zweiten Gruppe der Myrmekochoren, den Ruderalen, ausschliesslich wärmebedürftige Tieflandpflanzen gehören und dass ihre Steppenformen ihrem Herkommen nach, da sie ja auch auf urbar gemachtem Boden vorkommen, sehr zweifelhaft sind.

Ich meinesteils glaube, dass man beim näheren Studium anderer Ökologismen der myrmekochoren Frühlingspflanzen des Waldes finden wird — und man hat es schon gefunden — dass diese zu den allgemeinen Lebensbedingungen des Vereinstypus in völliger Harmonie stehen. Eine derartige Koinzidenz würde noch kräftiger beweisen, dass diese Pflanzen wirklich ihre charakteristischsten biologischen Eigenschaften in dem Vereinstypus, dem sie jetzt angehören, erworben haben. Es ist schon längst die Vermutung ausgesprochen worden, dass das frühe Blühen einiger Waldpflanzen eine Anpassung sei, vermöge deren sich ihre Blüten die günstigste Exposition verschaffen, ehe das Laub der Wald- und Gebüschschichten den Boden überschattet.

Auch in der Ökologie der Assimilation erkennt man in hohem Grade die Rückwirkung dieses Laubes wieder, das in einem so grossen Teile der Vegetationsperiode die Feldschichten des Lichtes beraubt. Was die myrmekochoren Frühlingspflanzen des Laubwaldes betrifft, haben sie für ihren Teil das Problem gelöst, sich das Licht nutzbar zu machen, das durch das nackte oder mit nur halb entwickelten Blättern versehene Geäst strömt, teils wie *Asarum*, *Carex digitata*, *Hepatica*, *Luzula pilosa* u. a.,

[1] Da die Infloreszenz mit den reifen Samen dieser übrigens wahrscheinlich schwach myrmekochoren Pflanze als Bodenläufer auftreten kann, haben wir hier *vielleicht* wirklich einen Vorposten der Steppenflora.

mittels wintergrüner Blätter, teils, wie *Corydalis*, *Ficaria*, *Galanthus*, *Scilla sibirica* und viele andere dadurch, dass sie eine intensive Assimilationsarbeit in den Frühling und den Vorsommer verlegen, worauf die Blätter verwelken. HESSELMAN,[1] der an schwedischen Laubwiesen umfassende direkte Beobachtungen über sowohl die Lichtquantität, die den Konstituenten der Feldschicht zu verschiedenen Zeiten der Vegetationsperiode zu teil wird, als auch über den Intensitätsgrad der Assimilation dieser Pflanzen während der entsprechenden Zeit gemacht hat, sagt auch in einer Polemik gegen die Glazial-Steppenpflanzen-Theorie ausdrücklich (l. c. p. 451): » Die Frühlingspflanzen unserer Laubwiesen — wenigstens die meisten — scheinen mir dagegen eine sehr natürliche Gruppe zu bilden, die in ihrem Lebensverlauf und morphologischen Aufbau der Nahrungsbedingungen des laubwerfenden Waldes genau angepasst ist. »

Es sei gern zugegeben, dass gewisse Eigenschaften der jetzt behandelten Frühlingsgewächse uralt sein können und schon bei entfernten Vorfahren in Pflanzenvereinen von ganz anderer Natur als derjenigen der arcto-tertiären Wälder, mitunter vielleicht sogar gerade in steppenartigen oder gar glazialen Klimaten zur Ausbildung gelangt seien. Ich denke dabei zunächst an einige grosse morphologische Grundzüge — z. B. die Differenzierung des Sprosssystems in eine unterirdische, kurzgliederige Zwiebel oder einen derartigen Knollenstamm und einen oberirdischen gestrecktgliedrigen Stengel — die sich in umfangreichen systematischen Gruppen wiederfinden. Aber ich bin noch immer der Ansicht, dass die nähere rein biologische Ausgestaltung ihrer Grundzüge in den weitaus meisten Fällen unter dem Einfluss der speziellen Naturverhältnisse stattgefunden hat, die ihre Muttervereine kennzeichnen oder vielmehr ihre tertiären Vorläufer gekennzeichnet haben. Hierin liegt eine Arbeitshypothese, die, ihrer Tragweite nach, eigentlich noch sehr wenig geprüft ist. Aber um, wie hier versucht worden ist, der unmittelbar vor einer gewissen begrenzten, biologischen Gruppe liegenden Entwicklungsgeschichte auf den Leib zu rücken, gibt sie jedenfalls bessere und sicherere Resultate, als es das Zugreifen der allgemeinen grossen klimatischen Veränderungen als Entwicklungsfaktoren tun kann.

Unter welchen äusseren Verhältnissen hat sich die zweite Gruppe von Myrmekochoren, den sog. *Ruderalen*, entwickelt?

Wie wir uns erinnern, deutet alles darauf, dass die Mittelmeerregion als die eigentliche Heimat dieser Pflanzen in der heutigen Flora zu betrachten ist. Haben sie sich aber auch in dieser Region entwickelt? Ihre Vegetation stammt, den Hauptbestandteilen nach, aus dem Florenelement, das ENGLER[2] das tertiärboreale nennt, eine lokale Entwicklung des paläotropischen Florenelements. Aus diesem Florenelement haben sich, nach ENGLER's Ansicht, in der tertiären und in der quartären Zeit im Anschlusse an die fortschreitende Zunahme des Festlandes im Mittelmeerbecken

[1] Pflanzenleben schwedischer Laubwiesen.
[2] Entwicklungsgeschichte II, p. 340.

Pflanzengruppen von mehr xerophilem Charakter entwickelt. Eine scharf gekennzeichnete Gruppe wird von den der jetzigen Mittelmeerregion charakteristischen Hapaxanthen gebildet, deren Entwicklung von Samen bis Samen auf eine sehr kurze Zeit, oft nur auf wenige Monate, zusammengedrängt ist. Von den myrmekochoren Ruderalen gehören die weitaus meisten zu dieser Gruppe.

Äusserst wahrscheinlich ist es also, dass diese Pflanzen sich gerade in diesen oder in denjenigen benachbarten Gegenden, die jetzt ihr Zentrum sind, entwickelt haben. Aber wenn man zu der Frage nach den Pflanzenvereinen kommt, in denen man die eigentliche Entwicklung zu erwarten habe, stösst man sogleich auf eine sehr grosse Schwierigkeit, diejenige nämlich, aus der heutigen Vegetation einen Ausgangspunkt zu gewinnen, denn hier sind nur wenige unter ihnen aus Standorten bekannt, die nicht durch den Menschen beeinflusst wären.

Es fehlen jedoch nicht, wie aus der pflanzengeographischen Auseinandersetzung der vorhergehenden Abteilung hervorgehen dürfte, Andeutungen darüber, wo diese ursprünglichen Standorte zu suchen seien. Es waren dies offene Stellen in Gebüschen, an Felsenabhängen, in Felsritzen usw., die sich stets und in grosser Zahl in dem trockenen Klima des Mittelmeergebietes gegen die Invasion des Waldes werden behauptet haben können. Aber wir erinnern uns auch, dass die myrmekochoren Ruderalen häufigsten in grösserer oder geringerer Ausdehnung nitrophil sind. Ich habe auch erwähnt, dass auch gewisse Lokale einer ursprünglichen Natur wegen der Lebensgewohnheiten der prähistorischen Säugetiere eine normal wiederkehrende Stickstoffdüngung bekommen konnten.

Wie es sich mit diesen ursprünglichen Standorten näher verhält, müssen wir bis auf weiteres unentschieden lassen; wir können nur feststellen, dass die myrmekochoren Ruderalen auch während der Tertiärzeit Existenzmöglichkeiten gehabt haben. Aber gibt es auch Beweise dafür oder wenigstens Andeutungen davon, dass die Vorfahren dieser Pflanzen mit einer Ameisenwelt zusammengelebt hätten, deren Einfluss stark genug gewesen sei, die myrmekochoren Ökologismen hervorzurufen? Dass die Ameisen, durch Typen vertreten, die den rezenten ziemlich nahe verwandt waren, im Tertiär des Mittelmeergebietes häufig gewesen sind, zeigt nicht nur die Fossilfunde des Gebietes selbst sondern auch die der benachbarten. Besonders wichtig sind die Funde im sizilianischen Bernstein und in den miozänen Bildungen von Rabodaj in Kroatien und den oben erwähnten Öninger Schichten. Die Gattung *Aphaenogaster*, die schon in der älteren Tertiärzeit in der europäischen Fauna vorhanden war, ist u. a. durch zwei mit den oben oft behandelten *A. barbara* und *structor* verwandte Arten vertreten. Dies ist von grösster Bedeutung, denn in der heutigen Mittelmeerregion kommen sie allgemein an allen offenen und trocknen Plätzen, und nicht am wenigstens, wenn dieselben gedüngt sind, vor, also gerade an den Lokalen, wo die Vorfahren der myrmekochoren Ruderalen gelebt haben dürften. Bei der Entstehung myrmekochorer Anpassungen müsste daher die intensive Sameneinsammlung dieser Ameisen als starker Selektionsfaktor wirken können.

Die Entwicklungsgeschichte der Ruderalen ist also im Vergleich mit derjenigen der Waldpflanzen noch sehr dunkel, und nur vereinzelte Beiträge habe ich hier zur

Lösung der Frage vorlegen können. Ein sorgfältiges Studium derjenigen Lokale der Mittelmeerregion, an denen diese Pflanzen wirklich ursprünglich sind, würde sicherlich die Sache wesentlich fördern.

Phylogenie.

Alles, was wir bisher über die Elaiosome wissen, spricht dafür, dass sie, biologisch gesehen, Organe *sui generis* sind. — Man könnte vielleicht, weil sie fettes Öl, bisweilen auch Stärke und Eiweissstoffe enthalten und oft nahe am Embryo liegen, vermuten, dass sie als Nebenfunktion die Aufgabe hätten, einige für die Entwicklung des Embryos bestimmte Reservestoffe aufzuspeichern. Eine nähere Untersuchung darüber, wie sich die Elaiosome von der Ablösung der Verbreitungseinheiten an bis zum Eintritt der Keimung verhalten, lehrt uns jedoch, wie schon vorher (Abt. I, Kap. Effektivität) erörtert ist, dass dies nicht der Fall sein kann. Haben die Ameisen eine mit Elaiosom ausgerüstete Verbreitungseinheit an sich genommen, so wird es ganz und gar zerstört, wenigstens was den Inhalt betrifft, wie ich an dem oben öfters erwähnten Auswurfgute reichlich habe näher studieren können. Diejenigen Elaiosome, die einen lockeren Bau haben, z. B. die von *Chelidonium*, *Corydalis*, *Melampyrum*, *Veronica* etc., scheinen vollständig verzehrt zu werden; bei denen, die mit einem äusseren Schutzgewebe versehen sind, z. B. *Carex*, *Fumaria*, *Theligonum*, *Trichera* etc., bleibt dieses als ein mehr oder weniger durchbrochenes Häutchen zurück; besonders zeichnen sich angegriffene *Trichera*-Elaiosome durch eine hübsche Perforierung aus. Harte Elaiosome, z. B. die von *Melica*, scheinen unregelmässiger, aber immer tief und kräftig angegriffen zu werden. Nicht einmal die Elaiosome, welche den Ameisen entgehen, bleiben unversehrt, wenn ihr Bau nicht kräftig genug ist, um der Vermoderung und der Abnutzung — die festen *Euphorbia*-Elaiosome haben oft einen sehr gebrechlichen Stiel — bis zu dem Zeitpunkte zu widerstehen, wo sie eventuell bei der Keimung dem sich entwickelnden Embryo zu gute kommen könnten. Ausserdem sind sie am häufigsten mehr oder weniger vollständig durch nicht leitende sklerenchymatische Gewebe der Samen- oder Fruchtschalen von dem Embryo abgegesperrt. Nur eine Nebenfunktion habe ich bei ausgewachsenen Elaiosomen entdecken können, nämlich die als Ablösungsorgan. Wie unten des Näheren wird beschrieben werden, ist dies vermutlich eine von dem Grundorgan der betreffenden Elaiosome ererbte Eigenschaft.

Morphologisch sind dagegen die Elaiosome keine Sonderbildungen. Es ist immer leicht, bei den verschiedenen Verbreitungseinheiten die morphologischen Grundorgane zu erkennen, die umgestaltet worden sind. Eine Übersicht dieser Grundorgane lässt sich am schnellsten durch einen Blick auf die »Übersicht über die Typen der Myrmekochoren», die ich in Abteilung I geliefert habe, erlangen. Man wird dann finden, dass dieselben sehr ungleichartiger Natur sind. Auch findet man dieselbe Abwechslung in der Morphologie der Elaiosome, wenn man aus denselben Grundorganen aufgebaute Verbreitungseinheiten, z. B. Samen, miteinander vergleicht; ich brauche nur auf die spezielle Bildung der Elaiosome bei den Samen der *Viola odorata*-, *Euphorbia*- und *Polygala*-Typen hinzuweisen.

Die Mutationen, die bei der Entstehung der Elaiosome im Kampfe ums Dasein den Sieg davongetragen, haben also sehr verschiedenartige Organe betroffen. In dem Verlaufe dieser Mutationen kann man jedoch leicht einige Grundrichtungen bemerken, die auch in systematischer Hinsicht weit getrennten Typen gemeinsam sind:

Ausserordentlich oft ist das Elaiosom um den Teil der Verbreitungseinheit ausgebildet, mittels dessen es der Mutterpflanze angeheftet ist.

Es sind die *Strophiole* oder die *Caruncula* oder in geringerer Ausdehnung der *Funiculus*, z. B. bei *Primula acaulis* und den *Veronica*-Arten, die an den Samen der *Viola odorata*-, *Euphorbia*- und *Polygala*-Typen so oft als Elaiosome fungieren. An dem fast orthotropen Same von *Melampyrum* ist der Proximalteil am kräftigsten als Elaiosom entwickelt. Wird bei einer umgekehrten Samenknospe das Elaiosom von der Raphe gebildet, so liegt seine grösste Anschwellung oft proximal, z. B. bei *Helleberus foetidus*. Bei den Früchten der *Hepatica*-, *Amberboa*- und *Fedia*-Typen sind die Elaiosome ausgeprägt proximal. Bei den *Ajuga*- und *Aremonia*-Typen ist die Stammteilpartie selbst, mit der die Verbreitungseinheit sich von ihrem Boden trennt, in ein Elaiosom umgestaltet. Die ölführenden Zellen der Verbreitungseinheiten des *Parietaria lusitanica*-Typus sind an der Basis der Kelchblätter gesammelt; bei *Carex digitata* und noch ausgeprägter beim *Trichera*-Typus sind sie an der Basis der Vorblätter gesammelt. — Die einzigen Typen, die keine proximalen Elaiosome haben, sind die *Melica nutans*-, *Galactites*- und *Triodia*-Typen; ausserdem sind in diesem Zusammenhange die distalen Elaiosome von *Carex montana* und *Polygala vulgaris* zu bemerken.

Wegen dieser Topographie tragen die Elaiosome oft zur Ablösung der Verbreitungseinheiten bei, bald direkt als »Trennungsgewebe», bald mehr indirekt durch den Druck, den ihre turgeszenten Zellen rings um den Insertionspunkt oder streckenweise auf seinen nächsten Umkreis ausüben.[1] Es liegt also nahe anzunehmen,[2] dass es in mehreren Fällen Ablösungsgewebe sind, die während der phylogenetischen Entwicklung durch eine Potenzierung der in diesen Geweben häufigen ölführenden Zellen zu Elaiosomen umgestaltet wurden.

Die zu Elaiosomen umgestalteten Organe sind keiner so durchgreifenden Veränderung unterworfen gewesen, wie der erste physiognomische Eindruck anzugeben scheint. Elaiosome mit Schutzgewebe scheinen hoch differenziert und sind es auch an sich auch im Vergleich mit denen, die keinen derartigen Schutz haben oder, wie bei *Arenaria trinervia*, ihn nur an den verdichten Aussenwänden der ölführenden Zellen besitzen. Aber entwicklungsgeschichtlich haben sie nur das Gewebe des Mutterorgans und die Hauptfunktion dieses Gewebes beibehalten. Bei einer Verbreitungseinheit des *Carex digitata*-Typus ist das schützende Epidermisgewebe des Elaiosoms eine direkte Fortsetzung von der Epidermis der oberen Utriculushälfte, und bei einer von *Aremonia* die von der Epidermis desjenigen Teiles der Blütenachse, der die Frucht umschliesst. Bei den hoch differenzierten Elaiosomen des *Trichera*-Typus ist die

[1] Über den *Ajuga*-Typus vgl. Areschoug, Om Borraginéernas och Labiaternas frukt p. 6 u. 15.
[2] Vgl. Sern., Spridningsbiologi 218.

Epidermis mit ihren ausserordentlich zähen, verkorkten Wänden natürlich nichts als das metamorphosierte Epidermisgewebe der Vorblätter. In allen drei Fällen, deren Zahl sich leicht vermehren liesse, ist die Epidermis des Mutterorgans auch ein Schutzgewebe, obschon hier nicht für ein Speichergewebe, sondern zunächst für das darunterliegende Assimilationsparenchym bestimmt. Die wegen ihrer Lage von an die Verbreitungseinheit führenden Gefässbündeln durchzogenen Organe haben, auch nachdem sie, z. B. bei den *Ajuga*- und *Aremonia*-Typen, in ein Elaiosom umgestaltet wurden, die Elaiosome und deren Funktionen behalten, weshalb man also sagen kann, dass das Elaiosom hier seine Nebenfunktion hat, die jedoch mit der Ablösung der Verbreitungseinheit verschwindet. Was die ölführenden Zellen selbst betrifft, bekommt man den Eindruck, dass in dem in ein Elaiosom metamorphosierten Organe die ölführende Gewebemasse durch Vermehrung nicht der Anzahl der Zellen, sondern ihrer Grösse entstanden sei. Besonders bei dem *Viola odorata*-Typus ist es eine gewöhnliche Erscheinung, dass sie sehr gross, bisweilen ganz kolossal werden, z. B. bei *Arenaria*, *Asarum*, *Corydalis cava*, *Viola odorata* etc. Schöne Beispiele der Vergrösserung der normalen Epidermiszellen haben wir bei *Hepatica*, *Polygonum capitatum* und bei dem distalen Elaiosom von *Carex montana*. Vgl. auch, dass das Elaiosom der Samen von *Viola odorata* und ihren Verwandten, das sich aus der verhältnismässig unbedeutenden Strophiole der dem *Euphorbia*-Typus angehörenden *Viola*-Samen entwickelt haben muss, dennoch, obgleich es wegen der Grösse seiner Zellen um vieles grösser ist, aus einer ungefähr gleichen Anzahl Zellen besteht.

Das Schwanken der Elaiosome hinsichtlich des morphologischen Werts der Grundorgane zeigt ihre rein biologische Bedeutung an. Noch deutlicher erscheint dieselben in dem schroffen Gegensatz, der in den wenigen *synökologischen*, aber vielen und weit verschiedenen *systematischen* Gruppen liegt, auf welche die Myrmekochoren verteilt sind. Es gibt eine geringe Anzahl von Vereinstypen, in denen die äusseren Verhältnisse derartig sind, dass ein myrmekochorer Ökologismus von eingreifender Bedeutung für das Leben gewisser der sie zusammensetzenden Pflanzen wird, und in denen sie also als Selektionsfaktoren haben wirken können; aber da diese Pflanzen — vgl. z. B. die unteren Schichten der Eichenmischwälder — aus sehr verschiedenen Familien stammen, trifft die Ökogenese dagegen eine Menge willkürlicher Punkte des botanischen Systems. So gibt es unter den Myrmekochoren 6 *monokotyledone* Familien:

Gramineae	*Liliaceae*
Cyperaceae	*Amaryllidaceae*
Juncaceae	*Iridaceae*

25 *dikotyledone*, unter ihnen 16 *Choripetalen:*

Urticaceae	*Portulacaceae*
Santalaceae	*Caryophyllaceae*
Aristolochiaceae	*Ranunculaceae*
Polygonaceae	*Papaveraceae*
Cynocrambaceae	*Fumariaceae*

Resedaceae *Euphorbiaceae*
Rosaceae *Violaceae*
Polygalaceae *Turneraceae*

und 9 *Sympetalen:*

Primulaceae *Orobanchaceae*
Hydrophyllaceae *Valerianaceae*
Borraginaceae *Dipsaceae*
Labiatae *Compositae.*
Scrophulariaceae

Schon jetzt können wir aus den in dieser Abhandlung besprochenen Tatsachen ersehen, dass die Myrmekochorie in der Geschichte der Pflanzenwelt eine junge Erscheinung und, wenn mit andern verbreitungsbiologischen Typen verglichen, als eine im eigentlichsten Sinne abgeleitete Eigenschaft anzusehen ist. Wir wollen nun noch einmal auf einige derjenigen Faktoren zurückblicken, die dies am entschiedensten zu erkennen geben. Vor allem möchte ich abermals die Aufmerksamkeit auf die reduzierten Organe lenken, die ich in den vorhergehenden Abschnitten einmal über das andere glaube konstatiert zu haben, und auch diejenigen ursprünglichen Organe nachzuweisen suchen, von denen die reduzierten abstammen, und zwar zunächst in der Absicht, diejenigen verbreitungsbiologischen Typen festzustellen, aus denen die Myrmekochoren herzuleiten wären, und die Bahnen anzugeben, welche die myrmekochore Entwicklung durchlaufen hat.

Was die Gruppe B betrifft, also die Typen, die ausserdem noch andere Vorrichtungen für die Trennung der myrmekochoren Verbreitungseinheiten von der Mutterpflanze besitzen, dürfte man in den allermeisten Fällen mit der grössten Bestimmtheit annehmen können, dass jene Vorrichtungen primär, die Elaiosome dagegen als solche ein jüngerer, relativ neuer Besitz sind. Sonderbar wäre in der Tat der Gedanke, dass einige der in Rede stehenden Pflanzenformen sämtliche exponierende Vorrichtungen, die nötig sind, um dieses erste Trennungsmittel einigermassen leistungsfähig zu machen, dadurch erhalten hätten, dass ein myrmekochorer Typus, der sie schon einmal verloren, eine neue und entgegengesetzte Richtung eingeschlagen hätte. Alles weist im Gegenteil darauf hin, dass jene Verbreitungsorganisationen, die ich als die primären auffasse, sich noch immer in der Reduktion, und zwar einer starken, befinden. — In den myrmekochoren Arten der Gattung *Centaurea* findet man, wie ich oben schon gezeigt habe, alle Übergänge von den mit kräftigem, effektivem bis zu den mit gänzlich verkümmertem Pappusapparat versehenen Früchten. Aber die verkümmerten Pappushaare besitzen noch immer die emporgerichteten Auswüchse, die bei andern Arten im Leben der Frucht eine bestimmte Rolle spielen, aber hier meines Wissens keine Bedeutung mehr haben. — Die grosse Pappuspinzel von *Carduus pycnocephalus* löst sich ausserordentlich leicht ab, so dass er nicht an-

nähernd die Bedeutung eines Fallschirms hat, die er bei andern, sowohl myrmekochoren als auch nicht myrmekochoren, *Carduus*-Arten mit fester am Achaenium haftenden Pappus besitzt. Es ist ja selbstverständlich, dass die Vorfahren von *C. pycnocephalus* einen solchen vollendeten Pappustypus besessen haben und dass die festere Anhaftung nicht sekundär sein kann. — Die Gattung *Trichera* (in dieser Arbeit synonym mit *Knautia* Coult im Sinne der Höck'schen Begrenzung), deren Arten wahrscheinlich sämtlich myrmekochor sind, steht einer Gruppe von anemochoren *Dipsaceen*-Gattungen[1] sehr nahe, von denen sie sich nur durch die schwache Entwicklung des Aussenkelches unterscheidet — klein, ohne deutliche Furchen, Rippen wenig hervortretend, Saum desselben höchstens durch Zähne angedeutet. Diesen Gattungscharakter halte ich für eine Reduktionserscheinung, die offenbar damit in Beziehung steht, dass die Bedeutung der Anemochorie nach dem Besitz der Myrmekochorie sofort zurücktritt.

Ich bin daher der Ansicht, dass sich die Myrmekochorie der Gruppe B aus *Anemochoren* entwickelt hat, deren ungleichartige Anpassungen an ihr Verbreitungsagens nach einem Blick auf die Unterscheidungsmerkmale ohne Weiteres einleuchten, durch die ich meine Typen, den *Polygala-*, *Amberboa-*, *Fedia-*, *Galactites-*, *Trichera-* und *Triodia*-Typus voneinander trenne. Nur ein Typus ist aus einer andern verbreitungsbiologischen Entwicklungsform hervorgegangen, nämlich der *Euphorbia*-Typus aus den *Explosiven*. — Die Myrmekochoren, als Ganzes betrachtet, halte ich ja für eine junge Gruppe und für die jüngsten die Mehrzahl der direkt von den Anemochoren abstammenden Vertreter der Gruppe B. Es ist jedenfalls kein Zufall, dass die allermeisten unter ihnen den Familien *Compositae*, *Valerianaceae* und *Dipsaceae* angehören, in denen die durch die in der verschiedensten Weise alle Teile der floralen Region befallenden Mutationen bewirkte Artenbildung offenbar in der gegenwärtigen geologischen Periode ausserordentlich kräftig ist, was sie ja auch in der vorigen war.

Wie verhält es sich nun mit der Phylogenie der Gruppe A, in welcher alle Verbreitungsvorrichtungen ausser den myrmekochoren, wie wir sahen, fehlen? Auch hier bin ich der Ansicht, dass in den meisten Fällen die Anemochorie, der ursprüngliche und ohne alle Frage wichtigste Verbreitungsmodus der Landphanerogamen, der Ausgangspunkt, wenn auch kein so direkter wie in der Gruppe B, gewesen ist. Nur in wenigen Fällen kann man andere Entwicklungen erkennen. Das schönste Beispiel dieser Art treffen wir bei den myrmekochoren *Viola*-Arten des *Viola odorata*-Typus. Die am übersichtlichsten durch einen Blick auf die beiden in Fig. 21 bezw. 22 abgebildeten Schnitte wiederzuerkennende Beschreibung, die ich oben von dem Bau der Kapselwand dieser Arten gegeben, zeigt, dass der ganze, komplizierte Schleuderapparat der explosiven Kapseln bis ins kleinste Detail auch bei andern *Viola*-Arten wiederkehrt, doch mit dem kleinen aber wichtigen Unterschiede, dass dieser Apparat hier wegen der allgemeinen, in der quantitativen Ausbildung seiner Gewebe und in der qualitativen Stärke der Zellwände erscheinenden Degeneration heute nicht mehr fungieren kann. Hier wäre es entschieden absurd, wenn man annehmen wollte, dass in der Phylogenie der *Viola*-Gattung die Explosivität jünger sei als die Myrmekochorie.

[1] Vgl. Höck l. c. p. 187.

Es ist wegen der morphologischen Übereinstimmung der Elaiosome — man beachte, dass sich ein *Viola odorata*-Elaiosom eigentlich nur, wie oben beschrieben, durch die enorme Potenzierung der Zellgrösse von einem *Viola*-Elaiosom der Vertreter des *Euphorbia*-Typus unterscheidet — wahrscheinlicher, dass diese A-Violen grade von explosiven und zugleich myrmekochoren *Viola*-Arten herstammen, als dass sie ihren Ursprung von den elaiosomlosen Explosiven der Gattung herleiten. Lässt es sich in irgend einem andern Falle zeigen, dass die Gruppe B der Ausgangspunkt irgend welcher Formen der Gruppe A gewesen ist? Ganz gewiss. Ich habe schon einmal gesagt, dass ich einzig und allein wegen des gleichmässigen Überganges zu den mit einem bei der Verbreitung wirksamen Pappus versehenen Achänienformen verhindert bin, einige *Centaurea*-Formen mit ausserordentlich stark reduziertem Pappus aus dem *Amberboa*-Typus in den *Hepatica*-Typus zu versetzen, zu dem sie streng genommen gehören. Dagegen hat grade die Abwesenheit direkter Zwischenformen bewirkt, dass *Chelidonium* und *Corydalis* in den *Viola*-Typus gestellt wurden. Es hat sich jedoch ergeben, dass in der Gattung *Corydalis* auch *explosive* Formen existieren, wenn auch mit Strophiolen versehen, die jedoch kaum Elaiosome genannt werden können. Wie es sich auch schliesslich mit der Myrmekochorie dieser Explosiven verhalten mag, ist es doch wahrscheinlich, dass die entschieden myrmekochoren *Corydalis*-Arten nicht direkt von anemochoren herstammen, sondern von Explosiven, und dass das schwache Einrollen der Klappen beim Platzen der Schote von so beschaffenen Vorfahren ererbt ist.

Aber diejenigen Anemochoren, aus denen ich mir die A-Gruppe zum grössten Teile hervorgegangen denke, sind von anderer Art, als diejenigen Anemochoren, die vorzugsweise die Gruppe B bilden, deren Verbreitungseinheiten selbst mit Organen ausgerüstet sind, die der Wind erfassen kann. Ich stelle mir nämlich die *Ballisten* als den eigentlichen Ausgangspunkt vor.

Wir kommen nun zu den Erscheinungen, die ich wiederholt zu exemplifizieren Gelegenheit gehabt habe. Bei den Ballisten wirkt der Wind auf elastische und gut exponierte Achsen, die sich bei einem starken Stoss federn und dadurch die von ihnen getragenen Verbreitungseinheiten fortschleudern, und diese werden auf tausenderlei Weise arretiert, damit ihre von starken Windstössen zu bewirkende Ausportionierung über eine lange Zeit verteilt werde. Bei den Myrmekochoren macht sich die Neigung bemerkbar, alle diese Expositions- und Arretiervorrichtungen, die für die Ballisten eine so grosse Bedeutung haben, abzuschaffen. Sie werden tachyspor, das mechanische System ihrer exponierenden Achsen wird aufs äusserste geschwächt, die arretierenden Organe — Kapselwände, Hochblätter etc. — ebenfalls, nur in den leitenden und nahrungsbereitenden Organen bleibt die Reduktion aus, wenn nicht gar eine mit dem Nahrungsbedürfnis der grossen, elaiosomtragenden Verbreitungseinheiten in Beziehung stehende lokale Potenzierung eintritt. Reduzierte Organe sind ein Zeugnis davon, dass eine derartige phylogenetische Degeneration stattfindet. Wir erinnern z. B. an alle jene Stereommäntel der myrmekochoren *Liliaceen*-Stengel, die während des ganzen Stengellebens im Meristemstadium

stehen bleiben, ohne dass sich ihre Zellwände verdichten, während diejenigen verwandter Ballisten, vor allem in der Fruchtreife, stark entwickelt und verholzt sind.

Von entwicklungsgeschichtlichem Gesichtspunkte aus tritt nun in jedem einzelnen Falle die Frage an uns heran: sind alle diese organographischen Eigentümlichkeiten der Myrmekochoren primär, und haben sich die Elaiosome als eine Folge der Abnahme der Exposition entwickelt; oder sind das Elaiosom und die durch dasselbe hervorgerufene Myrmekochorie das Primäre, das die exponierenden Organisationserscheinungen überflüssig gemacht hat? Oder hat in der phylogenetischen Entwicklung die Ausbildung des Elaiosoms mit jenen organographischen Eigentümlichkeiten so zu sagen gleichen Schritt gehalten?

Eine generelle Antwort lässt sich vom heutigen Standpunkte der Wissenschaft nicht geben. In jedem speziellen Fall ist eine besondere Untersuchung notwendig, und am häufigsten dürfte das hierfür nötige Untersuchungsmaterial dem Forscher nicht in der heute lebenden Pflanzenwelt zu Gebote stehen. Doch so viel lässt sich schon sagen, dass die Entwicklung vielleicht alle diese drei Wege, wenigstens aber zwei derselben, gegangen ist.

Dass sich das Elaiosom einer Art entwickelt hat, während dieselbe noch ihre ballistischen Eigenschaften ungeschmälert besass, scheint ohne Weiteres aus Formen wie z. B. *Rosmarinus* und *Adonis* hervorzugehen, deren Stengel noch durchaus ballistisch gebaut sind. Bei *Melica nutans* ist nur eine Art von Verbreitungseinheiten mit Elaiosomen ausgestattet; die anemochoren Verbreitungseinheiten derselben werden erst ausgestreut, nachdem die Entfernung der myrmekochoren von sämtliche Kennzeichen der Ballisten tragenden Stengeln stattgefunden hat. Bei allen Myrmekochoren der A-Gruppe mit einem bei der Samenverbreitung aufrechten, wenn auch geschwächten Stengel, z. B. *Fumaria*, vielen Vertretern des *Ajuga*-Typus etc., dürfte ebenfalls das Elaiosom das in der myrmekochoren Entwicklungsgeschichte Primäre sein.

In andern Fällen hingegen ist offenbar eine autochore Form mit ablegendem Stengel in den Entwicklungsgang eingeschaltet und das Elaiosom daher an solchen Formen herangezüchtet worden. — Ich verweise hierfür auf meine Erörterungen über die *Liliengewächse*, bei denen diese Ablegung mit oder ohne Myrmekochorie, die durch ein undifferenziertes bezw. ein differenziertes Elaiosom veranlasst sein kann, so häufig ist. — *Reseda odorata* ist ein Beispiel davon, dass die offenbar durch das Wachstum der adscendenten Achsen hervorgerufene Myrmekochorie noch keine höhere Potenz erreicht hat.

Primula acaulis gehört meines Erachtens zu einer Gruppe, deren Elaiosom ein im Verhältnis zu den organographischen Degenerationserscheinungen sowohl sekundärer als auch primärer Besitz ist. Ich denke mir die Phylogenie dieser Art so.

Zuerst ist eine Tatsache in der individuellen Variationsbreite von *Pr. acaulis* zu beachten. Die Pflanze erhält, wie H. DE VRIES[1] hervorgehoben, atavistisch dann und wann Blütenschirme mit kurzen Stengeln. Dies muss ein noch besseres Zeugnis, als die reduzierten Organe, davon sein, dass *P. acaulis* tatsächlich von einer Form abstammt, deren Stengel einen Blütenschirm trug. Diejenige Mutation der Hainpflanze *P. elatior*

[1] Die Mutationstheorie I, p. 13.

oder einer verwandten Art, die eine so durchgreifende habituelle Veränderung der Organisation herbeigeführt hat, dass der Stengel verloren ging, ist auch wahrscheinlich der primäre Anstoss, der indirekt die übrigen Charaktere hervorrief, welche *P. acaulis* von einer Form wie z. B. *P. elatior* unterscheiden. Die Blüten der neuen Mutante gerieten in dem dichten, beschatteten Vegetationsteppich, der sie nun verbarg, in doppeltem Sinne in sehr ungünstige äussere Verhältnisse. In der Anthese waren sie den die Pollination bewerkstelligenden Insekten und nach der Samenreife den ihre Samen verbreitenden Winden schlecht exponiert. Diejenigen Exemplare der neuen Mutante, die nicht von neuem so mutierten, dass der Kronsaum grösser und der Blütenstiel länger als an der Mutterpflanze wurden und der Funiculus sich in ein Elaiosom umwandelte, starben denn auch aus. Aber sobald die Myrmekochorie erworben war, konnten Mutanten, die auch noch andere degenerative Charaktere als die Stengellosigkeit besassen, nicht nur am Leben bleiben, sondern auch wegen der Material- und Arbeitersparnis, welche die Degeneration bedeutet, in einer noch grössern Ausdehnung fortleben als die Mutterform mit ihrem aus der anemochoren Stufe übernommenen, aber jetzt überflüssigen postfloralen Apparat. Als das letzte Glied der Entwicklung, die die heutige Art erzeugt hat, oder vielleicht als Zeitgenossen der Elaiosomerwerbung denke ich mir demgemäss die Verminderung der mechanischen Gewebe des Blütenstieles und sein Verharren im Verstärkungsstadium der Anthese auch noch während der Samenverbreitung, das Ausbleiben der Verholzung in der innern Epidermis des Kelches, die Schwächung der Kapselwand etc.

Es lässt sich jedoch auch sehr wohl ein mehr oder weniger umgekehrter Verlauf dieser angenommenen phylogenetischen Entwicklungsreihe denken, aber mein Erklärungsversuch ist der einfachste von den theoretisch möglichen. Vor allem kann man von keiner dieser anderen Mutationen *a priori* behaupten, dass sie, was die Erwerbung des *Acaulismus*, wenn sie eine Hainpflanze betrifft, tun kann, die übrigen nach sich zöge. — Nun existieren Formen von *Primulaceen*, und unter ihnen von einer der *P. acaulis* so nahestehenden Art wie *P. elatior*, bei denen grade der Acaulismus allein das erste Stadium der Entwicklung aus einer stengeltragenden anemochoren Art ist.[1] Um die Bedeutung dieses Acaulismus im Kampf ums Dasein zu illustrieren, will ich zwei *Primulaceen* der nordischen Flora: *Primula farinosa* L. f. *acaulis* Ahlqvist und *Androsace septentrionalis* L. f. *acaulis* Retz. hervorheben, die sich von der Hauptart nur durch ihre Stengellosigkeit auszeichnen.

Durch Wittes[2] Untersuchungen wissen wir, das wenigstens die letztere eine konstante, echte Varietät im Sinne H. de Vries'[3] ist, deren Charakter der fehlende oder der im Verhältnis zu *A. septentrionalis* atavistisch kurze Stengel ist. Witte sammelte ihre Samen auf dem Alfvar der Insel Öland und säete dieselben in gewöhnliche Gartenerde im H. B. U., wo die Hauptart einen sehr hohen Stengel hat. In dieser Kultur, die ich selbst verfolgt habe, blühten im Sommer 1905 151 Exemplare; davon waren 130 (86,09 %) durchaus stengellos, 16 (10,6 %) trugen ausser zahlreichen

[1] Penzig, Pflanzenteratologie II, p. 128. Lange, Bemærkninger over Variationsevnen hos Primula.
[2] De svenska alfvarväxterna p. 63.
[3] Die Mutationstheorie I, p. 119.

Blüten, deren Stengel direkt von der Grundblattrosette ausgingen, einzelne wenigblütige, *kurzstenglige* Blütenschirme, und bei 5 (3,31 %) sassen die Blüten der Blütenschirme an 2—5 cm langen Stengeln, eine Länge, die wohl nur selten in der individuellen Variationsbreite des Stengels der Hauptform, wenn sie unter ähnlichen Verhältnissen gezogen wird, zu finden sein dürfte. WITTE wird diese hochinteressanten Kulturen weiterführen.

Die neue Eigenschaft, welche von dieser Mutation hervorgerufen ist, — denn dass es eine Mutation ist und nicht, was WITTE l. c. p. 64 für das Wahrscheinlichste hält, die Fixierung einer durch Beeinflussung seitens äusserer Faktoren erworbenen Eigenschaft, ist meiner Ansicht nach durchaus deutlich — ist der *Androsace* in der vom Winde ausserordentlich stark gepressten Alfvarvegetation, ausserhalb deren diese beiden *acaulis*-Varietäten kaum auftreten, nicht ungünstig, und hier hat sich denn auch die Varietät, unverändert, über weite Strecken ihres Gebietes verbreitet. Von allgemein entwicklungsgeschichtlichem Gesichtspunkte aus ist es daher lehrreich, hiermit das Schicksal zu vergleichen, das eine Mutation von *Primula elatior*, die nur in Stengellosigkeit bestände, nach der obigen Darstellung in der Mutterformation dieser Art haben würde. Diese Mutation ist auch in der Natur nur vereinzelt gefunden.

Von den übrigen Mutationen, die, wie ich annehme, *P. acaulis* zu dem gestaltet haben, was sie ist, sei auch die *Grossblütigkeit* erwähnt. Dass auch diese Mutation bei *P. elatior* auftreten *kann*, weiss man von der Hortikultur her. Doch hätte dieselbe wohl kaum den ersten Anstoss zu den folgenden Mutationen geben können.

Ich habe mich hier am Schlusse lange bei der Phylogenie einer einzigen Art aufgehalten und dieselbe von dem Gesichtspunkte der Entstehung der Myrmekochorie und der damit in Beziehung stehenden Erscheinungen behandelt. Diese Art zeigt auch, vielleicht noch prägnanter als die vorher behandelten, dass man durch direkte Untersuchungen die ersten, wenn auch noch schwankenden Versuche machen kann, bis ins Einzelne ein pflanzenbiologisches Problem mit den allgemeinen Resultaten der Entwicklungslehre, vor allem mit denen der Mutationstheorie zu verknüpfen. Wie die erste Abteilung dieser Arbeit den Zweck gehabt, die Existenz des *Ökologismus*, den ich Myrmekochorie nenne, streng empirisch festzustellen, so habe ich in der letzten rein empirische Beiträge zur *Ökogenese* der Myrmekochorie zu liefern gesucht. Und die Pflanzenbiologie der Zukunft hat keine wichtigere Aufgabe als die, ihre Forschung durch direkte Beobachtungen und Experimente auf die Basis einer rationellen Entwicklungsgeschichte zu stellen.

LITERATURVERZEICHNIS.

Die mit † bezeichneten Werke habe ich nicht gesehen.

Adamović, L., Die Vegetationsformationen Ostserbiens. — Engler's Bot. Jahrbücher, Lpz., Bd 26, 1899, p. 124—218.

Adlerz, E., Bidrag till fruktväggens anatomi hos Ranunculaceae. Örebro 1884. 8°.

——, G., Myrmecologiska studier. II. Svenska myror och deras lefnadsförhållanden. — Stockholm, K. V. A. Bihang, Bd 11, N:o 18, 1886.

André, Edmond, Species des hymenoptères d'Europe et d'Algérie. T. 2. Formicides, Vespides. Paris 1886. 8°.

† ——, Ernest, Les fourmis. Paris 1885.

Areschoug, F. W. C., Smärre fytografiska anteckningar. 2. Om Borragineernas och Labiaternas frukt. — Bot. Not., Lund, 1881, p. 1—22.

Ascherson, P., Subflorale Axen als Flugapparate. — Berlin, Jahrbuch K. Bot. Gartens, Bd 1, 1881, p. 318—336.

Baillon, Histoire des plantes. T. 1—13. Paris 1868—1895. 8°.

Barnewitz, A., siehe Weisse, A.

Bary, A. de, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Lpz. 1877. 8°. — Handbuch d. physiol. Botanik . . . hrsg. v. W. Hofmeister, Bd 3.

Battendier, A., Sur quelques cas d'hétéromorphisme. — Paris, Bull. Soc. Bot. de Fr., T. 30, 1883, p. 238—244, pl. 3.

——, & Trabut, Flore de l'Algérie . . . Dicotylédones. Monocotylédones. Alger, Paris 1888—95. 8°.

Beck von Mannagetta, G., Die Vegetationsverhältnisse der illyrischen Länder . . . Lpz. 1901. 8°. — Die Vegetation der Erde . . . hrsg. von A. Engler & O. Drude, 4.

Béguinot, A. & Traversa, G. B., Ricerche interno alle »Arboricole» della flora italiana . . . — Nuovo Giornale botan. Ital., Firenze, N. S., Vol. 12, 1905, p. 495—589.

Berggren, S., Om Rhynchospora alba och några andra Cyperaceers morfologi. — Bot. Not., Lund, 1898, p. 129—146, T. 2.

Buckley, S. B., Myrmica (Atta) molefaciens, »stinging ant», or »mound—making ant», of Texas. — Philadelphia, Proceed. Acad. Nat. Sc., 1860, p. 445—447.

Buscalioni, L., Der Sudan III und seine Verwendung in der botanischen Mikrotechnik. — Bot. Centralbl., Cassel, Bd 76, 1898, p. 398—399.

Cajander, A. K., Studien über die Vegetation des Urwaldes am Lena-Fluss. — Helsingfors, Acta Soc. Sc. Fenn., T. 32, N:o 3, 1904.

Chatin, J., Études sur le développement de l'ovule et de la graine dans les Scrofularinées, les Solanacées, les Borraginées et les Labiées. — Annales des sciences nat., Paris, Bot., Sér. 5, T. 19, 1874, p. 5—107, pl. 1—8.

Dammer, U., Die Verbreitungsausrüstungen der Polygonaceen. — Biol. Centralbl., Lpzg., Bd 12, 1892, p. 257—261.

——, Polygonaceae in Engler & Prantl, Natürl. Pflanzenfam., T. 3, Abt. 1a, 1893, p. 1—36.

Delpino, F., Sul fenomeno della macrobiocarpia in alcune piante. — Napoli, Rendic. R. Accad. Sc. Fis. e Matem., Ser. 3, Vol. 9, 1903, p. 48—57.

Detto, C., Die Theorie der direkten Anpassung und ihre Bedeutung für das Anpassungs- und Deszendenzproblem . . . Jena 1904. 8°.

Drude, O., Atlas der Pflanzenverbreitung. Gotha 1887. Fol. — Berghaus' Physikal. Atlas, Abt. 5.

——, Deutschlands Pflanzengeographie . . . T. 1. Stuttgart 1896. 8°. — Handbücher z. Deutschen Landes- u. Volkskunde . . ., Bd 4, T. 1.

——, Der Hercynische Florenbezirk . . . Lpz. 1902. 8°. — Die Vegetation der Erde . . . hrsg. von A. Engler und O. Drude, 6.

Düben, M. W. von, Exkursion i Bohuslän 1841. — Bot. Not., Lund, 1843, p. 65—76, 81—95.

Dusén, P., Die Pflanzenvereine der Magellansländer nebst einem Beitrage zur Ökologie der magellanischen Vegetation. — Wissenschaftl. Ergebnisse d. Schwed. Exped. nach den Magellansländern 1895—97 unter Leitung v. Otto Nordenskjöld, Bd 3, H. 2, 1905, p. 351—523, Taf. 19—30.

Eichler, A. W., Blüthendiagramme . . Th. 1—2. Lpzg. 1875—78. 8°.

Emery, C., Zur Biologie der Ameisen. — Biol. Centralbl., Lpzg., Bd 11, 1891, p. 165—180.

ENGLER, A., Versuch einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt . . . Th. 1—2. Lpz. 1879—1882. 8°.
——, Angiospermae in Engler & Prantl, Die natürl. Pflanzenfam., T. 2, 1889.
ESCHERICH, K., Die Ameise. Schilderung ihrer Lebensweise. Braunschw. 1906. 8°.
FLAHAULT, CH., Les herborisations aux environs de Montpellier. II. Les garigues. — Journ. de bot., Paris, T. 2, 1898, p. 34—41.
——, Liste des plantes phanérogames qui pourront être récoltées par la Société botanique de France réunie en session extraord. à Montpellier, 1893. Montp. 1893. 8°.
——, Rapport sur les herborisations de la Société botanique de France . . . dans la vallée de l'Ubaye. — Paris, Bull. Soc. Bot. de Fr., T. 44, 1897, p. clvi—cclxviii.
——, Comptes rendus des herborisations. 1. Flore du district méditerranéen des Maures et de l'Estérel. — Paris, Bull. Soc. Bot. de Fr., T. 46, 1899, Sess. extraord., p. cxxv—cxlviii.
FOCKE, W. O., Rosaceae in Engler & Prantl, Natürl. Pflanzenfam., T. 3, Abt. 3, 1894, p. 1—61.
† FOREL, A., Eine myrmekologische Ferienreise nach Tunesien und Ostalgerien. — Humboldt, Bd 9, 1890, p. 296—306.
GAERTNER, J., De fructibus et seminibus plantarum . . . Vol. [1]—2 + Continuatio (C. F. Gaertner, Supplem. carpologiae). Stutgardiae, Tubingae, Lips. 1788—1805. 4°.
GOEZE, E., Die Pflanzenwelt Portugals. — Linnaea, Berlin, N. F., Bd, 7, 1877, p. 357—544.
GREVILLIUS, A. Y., Biologisch-physiognomische Untersuchungen einiger schwedischen Hainthälchen. — Bot. Zeitung, Lpz., Jahrg. 52, Abt. 1, 1894, p. 147—168.
GÜRKE, M., Borraginaceae in Engler & Prantl, Natürl. Pflanzenfam., T. 4, Abt. 3 a, 1897, p. 71—131.
HABERLANDT, G., Physiologische Pflanzenanatomie. 3. Aufl. Lpz. 1904. 8°.
HARDY, M., La géographie et la végétation de Languedoc entre L'Herault et la Vidourle. Étude écologique. — Montpellier, Bull. Soc. Langued. de geogr., Bd 26, 1903, p. 121, 268.
HEER, O., Über fossile Ameisen. — Zürich, Mittheil. Naturf. Ges., [Bd 1], Nr 24—25, 1848, p. 167—174.
HEINRICHER, E., Biologische Studien an der Gattung Lathraea. — Berlin, Berichte D. Bot. Ges. Bd 11, 1893, p. 1—18, Taf. 1—2.
HESSELMAN, H., Zur Kenntnis des Pflanzenlebens schwedischer Laubwiesen. Eine physiologisch-biologische und pflanzengeographische Studie. — Beihefte zum Bot. Centralbl., Jena, Bd 17, H. 3, 1904, p. 311—460, Taf. 4—8. — Auch als Diss., Upsala.
HILDEBRAND, F., Die Schleuderfrüchte und ihr im anatomischen Bau begründeter Mechanismus — Pringsheims Jahrbücher f. wiss. Bot., Lpz., Bd 9, 1873—74, p. 235—276, Taf. 23—25.
——, Die Gattung Cyclamen L., eine systematische und biologische Monographie. Jena 1898. 8°.
——, Einige biologische Beobachtungen. — Berlin, Berichte D. Bot. Ges., Bd 19, 1901, p. 472—483.
——, Über Ähnlichkeiten im Pflanzenreiche. Eine morphologisch-biologische Betrachtung. Lpz. 1902. 8°.
——, Über einige neue und andere noch nicht lange aufgefundene Cyclamen-Arten. — Beihefte z. Botan. Centralbl., Lpz., Bd 19, Abt. 2, H. 2, 1906, p. 367—384.
——, Über die Verbreitungsmittel der Gramineen-Früchte. — Bot. Zeitung, Lzp., Jahrg. 30, 1872, p. 853—863, 868—875.
HOLMBOE, J., Anmeldung von Sernander, Den skandinaviska vegetationens spridningsbiologi . . . — Naturen, Bergen, Aarg. 25, 1901, p. 141—142.
HOPE, F. W., On some doubts respecting the oeconomy of ants. — London, Transact. Entomol. Soc., 1840, p. 211—216
HULT, R., Försök till analytisk behandling af växtformationerna. Helsingfors 1881. 8°. Diss.
——, Blekinges vegetation. — Helsingfors, Meddel. Soc. pro Fauna & Fl. Fenn., H. 12, 1885.
HÖCK, F., Valerianaceae in Engler & Prantl, Die natürl. Pflanzenfam., T. 4, Abt. 4, 1891, p. 172—182.
——, Dipsacaceae in Engler & Prantl, Die natürl. Pflanzenfam., T. 4, Abt. 4, 1891, p. 182—189.
——, Begleitpflanzen der Buche. — Bot. Centralbl., Cassel, Bd. 52, 1892, p. 353—358.
——, Laubwaldflora Norddeutschlands. Eine pflanzengeographische Studie. Stuttg. 1896. 8°. — Forschungen z. deutschen Landes- und Volkskunde . . . hrsg. von A. Kirchhoff, Bd. 9, H. 4.
——, Kräuter Norddeutschlands. — Engler's Bot. Jahrbücher, Lpz., Bd. 21, 1896, p. 53—104.
JUEL, O., De floribus Veronicarum. Studier öfver Veronica-blomman. — Stockholm, Acta Horti Bergiaini Bd. 1, N:o 5, 1891.
KELLGREN, A. G., Studier öfver Ombergsflorans papilionaceer. — Bot. Not., Lund, 1890, p. 121—132. — Referat in Bot. Centralbl., Bd. 46, 1891.
KERNER VON MARILAUN, A., Das Pflanzenleben der Donauländer. Innsbruck 1863. 8°.
——, Pflanzenleben. Bd. 1—2. 2. Aufl. Lpz. und Wien 1896—1898. 8°.
KIRCHNER, O., LOEW, E., SCHRÖTER, C., Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas. Bd. 1, Lief. 1. Stuttgart 1904. 8°.
KLERCKER, J. E. F. de, Sur la structure anatomique de l'Aphyllantes Monspeliensis Lin. — Stockholm, K. V. A. Bihang, Bd. 8, N:o 6, 1883.
KORZINSKY, S., Über die Entstehung und das Schicksal der Eichenwälder im mittleren Russland. — Engler's Bot. Jahrbücher, Lpz., Bd. 13, 1891, p. 471—485.

KROK, T. O. B. N., Anteckningar till en monografi öfver växtfamiljen Valerianeæ. 1. Valerianella, Hall. — Stockholm, K. V. A. Handl., Bd 5, N:o 1, 1864.

KUNTZE, O., Die Schutzmittel der Pflanzen gegen Tiere und Wetterungunst. Lpz. 1877. 8°. (Gratisbeilage zur Botan. Zeitung.)

LAGERHEIM, G., Über Lasius fuliginosus (Latr.) und seine Pilzzucht. — Entomol. tidskr., Stockholm, Årg. 21, 1900.

LANGE, J., Bidrag til Belysning af Atriplex hortensis. — Botan. Tidsskr., Kbhn,, Bd. 1, 1866, p. 12—19, pl. 1.

——, Bemærkninger over Variationsevnen hos Arter af Primula. — Botan. Tidskr., Kbhn. Bd 14, 1885, p. 147—158.

LECLERC DU SABLON, Recherches sur la déhiscence des fruits à péricarpe sec. — Annales d. sc. nat., Paris, Bot., Sér. 6 T. 18, 1884, p. 5—104, pl. 1—7.

LEHMANN, J. G. C., Monographia generis Primularum. Lipsiae 18. 4°.

†LESPÈS, CH., Conférence sur les fourmis. — Revue des cours scientifiques, 1866.

LILJA, N., Skånes flora, innefattande Skånes vilda och odlade växter . . . Ny uppl. D. 1, 2. Sthlm. 1870. 8°.

LINCECUM, G., On the agricultural ant of Texas (Myrmica molefaciens). — Philadelphia, Proced. Acad. Nat. Sc., 1866, p. 323—331.

LINDEBERG, C. J., Fortsatta exkursioner i Bohus län åren 1852—1853. — Nya Bot. Not., Sthlm., 1854, p. 1—10.

LINDMAN, C., Om postflorationen och dess betydelse såsom skyddsmedel för fruktanlaget. — Sthlm., K. V. A. Handl., Bd. 21, N:o 4, 1884.

——, Kärlväxtfloran på Visby ruiner. — Stockholm, K. V. A. Öfvers., Årg. 52, 1895, p. 512—536.

LINNÉ, C. VON, Sponsalia plantarum in: Amoenitates acad., T. 1, 1749, p. 327—380.

——, Philosophia botanica . . . Stockholmiæ 1751. 8°.

LOCK, R. H., Ecological notes on Turnera ulmifolia, L., var. elegans, Urban. — Peradeniya, Annals R. Bot. Gardens, Vol. 2, Pt. 1, 1904, p. 107—119.

LORET, H., & BARRANDON, A., Flore de Montpellier . . . T. 1—2. Montp. 1876. 8°.

LUBBOCK, Sir JOHN, Ants, bees, and wasps . . . 4th ed. London 1882. 8°.

LUDWIG, F., Lehrbuch der Biologie der Pflanzen. Stuttgart 1895. 8°.

——, Biologische Beobachtungen an Helleborus foetidus. — Oesterr. Bot. Zeitschr., Wien, Bd. 48, 1898, p. 281—284, 332—339.

——, Die Ameisen im Dienste der Pflanzenverbreitung. — Illustr. Zeitschr. f. Entomol., Neudamm, Bd 4, 1899, p. 38—41.

——, Weitere Beobachtungen zur Biologie von Helleborus foetidus. — Bot. Centralbl., Cassel, Bd 79, 1899, p. 153—159; Bd 80, 1899, p. 401—413.

LÜSTNER, Beiträge zur Biologie der Sporen. Wiesbaden 1898. 8:o. Inaugural-Diss., Jena.

LUNDSTRÖM, A. N., Einige Beobachtungen über die Biologie der Frucht. — Bot. Centralbl., Cassel, Bd 25, 1886, p. 319—322.

——, Pflanzenbiologische Studien. II. Die Anpassungen der Pflanzen an Thiere. Upsala 1887. 4°. — In: Upsala, Nova Acta Soc. Sc. Ups., Ser. 3, Vol. 13, Fasc. 2.

——, Öfversikt öfver våra viktigaste barrskogsformer och deras inbördes samband. In: Från svenska barrskogar. Förklar. och bilder t. Sågverks- och Trävaruexportfören. utställn. i Stockholm 1897 utg. af Axel N. Lundström. Sthlm. 1897. 8°.

MC COOK, H. CHR., The natural history of the agricultural ant of Texas. Philadelphia 1880.

MAYR, G., Die Ameisen des baltischen Bernsteins. Königsb. 1868. 4°. — Beiträge z. Naturkunde Preussens, hrsg. v. d. Kön. phys.-ökon. Ges. z. Königsberg, 1.

MEYER, A., Ueber Geisseln, Reservestoffe, Kerne und Sporenbildung der Bacterien. — Flora, Marburg, Bd. 86, 1889, p. 428—468, Taf. 21.

MOGGRIDGE, J. TR., Harvesting ants and trap-door spiders . . . London 1873. 8°.

MÜLLER, P. E., Studien über natürliche Humusformen und deren Einwirkung auf Vegetation und Boden . . . Berlin 1887. 8°.

MURBECK, S., Contributions à la flore du nord-ouest de l'Afrique et plus spécialement de la Tunisie, Sér. 2. — Lund, Univ. Årsskr., N. F., Afd. 2, Bd. 1, N:o 4, 1905.

NEUMAN, L. M., Bidrag till kännedomen af floran vid Saltenfjord och på Sulitälma-området i Norge. — Bot. Not., Lund, 1905, p. 251—282, 323—327.

NILSSON, A., Om bokens utbredning och förekomstsätt i Sverige. — Tidsskr. f. skogshush., Sthlm., Årg. 30, 1902, p. 238—256.

——, Om sträfvan efter enhet i den växtgeografiska nomenklaturen. — Bot. Not., Lund, 1901, p. 226—234.

NORÉN, C. O., Orobanche alba Stephan *rubra Hooker, funnen på Gotska Sandön. — Bot. Not., Lund, 1903, p. 287—291.

——, & WITTE, H., Några bidrag till kännedomen om de svenska vinterståndarne. — Bot. Not., Lund, 1904, p. 67—73.

NYMAN, C. F., Conspectus floræ Europææ . . . 1—4; Suppl. 1—2. Örebro 1878—90. 8°.

OLBERS, ALIDA, Om fruktväggens byggnad hos Borragineerna. — Stockholm, K. V. A. Bihang, Bd 13, Afd. 3, N:o 2, 1887.

PAX, F., Euphorbiaceae in Engler & Prantl, Natürl. Pflanzenfam., T. 3, Abt. 5, 1896, p. 1—119.
——, Grundzüge der Pflanzenverbreitung in den Karpathen. Bd 1. Lpz. 1898. 8°. — Die Vegetation der Erde .. hrsg. von A. Engler & O. Drude, 2.
PENZIG, O., Pflanzenteratologie. Genau 1890—1894. 8°.
PLÄTTNER, siehe WEISSE, A.
POULSEN, V. A., Cynocrambaceae in Engler & Prantl, Natürl. Pflanzenfam., T. 3, Abt. 1 a, 1893, p. 121—124.
RADDE, G., Grundzüge der Pflanzenverbreitung in den Kaukasusländern. Lpz. 1899. 8°. — Die Vegetation der Erde ... hrsg. von A. Engler & O. Drude, 3.
RAUNKLÆR, C., De danske Blomsterplanters Naturhistorie. Kbhn 1895—1899. 8°.
RAVN, F. KØLPIN, Om Flydeevnen hos Frøene af vore Vand- og Sumpplanter. — Botan. Tidsskr., Kbhn, Bd 19 1895, p. 143—177, Resumé 177—178.
ROBERTSON, CH., Seed crests and myrmecophilous dissemination in certain plants. Botan. Gazette, Chicago, Vol. 23, 1897, p. 288—289.
SAPORTA, Cmte DE, Le monde des plantes avant l'apparition de l'homme. Paris 1879. 8°.
SCHEUTZ, N. J., Plantæ vasculares Jeniseenses ... Stockholm, K. V. A. Handl., Bd 22, N:o 10, 1888.
SCHIFFNER, V., Monographia Hellebororum. Kritische Beschreibung aller bisher bekannt gewordenen Formen der Gattung Helleborus. — Halle, Nova Acta Kais. Leop.-Carol. D. Ak. Naturf., Bd 56, Nr 1, 1890.
SCHIMPER, A. F. W., Die Wechselbeziehungen zwischen Pflanzen und Ameisen im tropischen Amerika. Jena 1888. 8:o. — Botan. Mittheilungen aus den Tropen, H. 1.
——, Pflanzen-Geographie auf physiologischer Grundlage. Jena 1898. 8°.
SCHMEIL, O., Lehrbuch der Botanik ... Stuttgart und Lpz. 1903. 8°.
SCHMIDT, R. H., Ueber Aufnahme und Verarbeitung von fetten Oelen durch Pflanzen. — Flora, Marburg, Jahrg. 74, 1891, p. 300—370.
SCHRADER, H. A., De Asperifoliis Linnei commentatio. — Göttingen, Commentationes Soc. Reg. Sc. rec., Vol. 4, 1820, p. 175—196, 1 Taf.
SENDTNER, O., Die Vegetationsverhältnisse Südbayerns. München 1854. 8°.
——, Die Vegetationsverhältnisse des Bayerischen Waldes ... Nach dem Manuscripte des Verf. vollendet von W. Gümbel und L. Radlkofer. München 1860. 8°.
SERNANDER, R., Die Einwanderung der Fichte in Skandinavien. — Engler's Bot. Jahrbücher, Lpz., Bd 15, 1892, p. 1—74, Taf. 1—2.
——, Genmäle. — Stockholm, Geol. För. Förh., Bd 14, 1892, p. 547—555.
——, Studier öfver den gotländska vegetationens utvecklingshistoria. Uppsala 1894. 8°. Diss.
——, Studier öfver de sydnerikiska barrskogarnes utvecklingshistoria. Stockholm, K. V. A. Bihang, Bd 25, Afd. 3. N:o 10, 1900.
——, Den skandinaviska vegetationens spridningsbiologi. — Zur Verbreitungsbiologie der skandinavischen Pflanzenwelt Mit einem deutschen Resumé. Upsala 1901. 8°.
——, & KJELLMARK, K., Eine Torfmooruntersuchung aus dem nördlichen Nerike. — Upsala, Bull. Geol. Inst., N:o 4 (= Vol. 2, P. 2), 1896, 316—344, Taf. 16—19.
SKOTTSBERG, C., Feuerländische Blüten. — Wissensch. Ergebnisse d. schwed. Südpolar-Exped. 1901—1903, Bd 4, Lief. 2, Sthlm, 1905. 4°.
SOLEREDER, H., Aristolochiaceae in Engler & Prantl, Natürl. Pflanzenfam., T. 3, Abt. 1, 1889, p. 264—273.
SOMMIER, S., Flora dell' Ob inferiore. Studio di geografia botanica. Firenze 1896. 8°. (Separat-Abdruck von zwei Aufsätzen in Nuovo Giornale bot. ital., Vol. 22, 24, 25; N. S., Vol. 3, 1890—96.)
——, Notize in Firenze, Bulletino Soc. Bot. Ital., 1894, p. 70.
STAHL, E., Pflanzen und Schnecken. Biologische Studie über die Schutzmittel der Pflanzen gegen Schneckenfrass. — Jenaische Zeitschr. f. Naturw., Jena, Bd 22, 1888, p. 557—684.
STEINBRINCK, C., Untersuchungen über das Aufspringen einiger trockenen Pericarpien. — Bot. Zeitung, Lpzg., Jahrg. 36, 1878, 561—565, 577—582, 593—598, 609—613.
——, Ueber einige Fruchtgehäuse, die ihre Samen in Folge von Benetzung freilegen. — Berlin, Berichte D. Bot. Ges., Bd 1, 1883, p. 339—347.
SYKES, W. H., Descriptions of new species of indian ants. — London, Transact. Entomol. Soc., 1834.
SYLVÉN, N., Om refloration eller omblomning. — Bot. Not., Lund, 1906, p. 68—79.
TANFILJEW, G., Die Waldgrenzen in Südrussland. St. Petersb. 1894. 8°. (Russisch, m. deutschem Resumé.)
TRABUT, L., L'Aristida ciliaris Desf. et les fourmis. — Paris, Bulletin Soc. Bot. de Fr., T. 41, 1894, p. 272—273.
ULE, E., Wechselbeziehung zwischen Ameisen und Pflanzen ... — Flora, Marburg, Bd. 94, 1905, p. 491—497.
VAHL, M., Madeiras Vegetation. Geografisk monografi. Kbhn 1904. 8°. Diss.
WAHLENBERG, G., Flora Upsaliensis. . Upsaliae 1820. 8°.
WARMING, E., Plantesamfund. Grundtræk af den økologische Plantegeografi. Kbhn 1895. 8°.
——, Den almindelige Botanik. 3:e Udg. Kbhn 1895. 8°.

WASMANN, E., Zur näheren Kenntnis des echten Gastverhältnisses (Symphilie) bei den Ameisen- und Termitengästen — Biol. Centralbl., Lpzg., Bd 23, 1903, p. 63—72, 195—207, 232—248, 261—276, 298—310.

WEBERBAUER, A., Ueber die Frucht-Anatomie der Scrophulariaceen. — Beihefte z. Bot. Centralbl., Cassel, Bd. 10, 1901, p. 393—457, 1 Taf.

WEISSE, A., Über das regelmässige Auftreten von Brennesseln unter den alten Eichen des Grunewalds. — Berlin, Verhandl. Bot. Ver. Prov. Brandenb., Jahrg. 40, 1898, p. xxxiv—xxxv. Mit Bemerkungen von A. BARNEWITZ und PLÄTTNER ibid. p. xxxvi.

VERSCHAFFELT, E., Some observations on the longitudinal growth of stems and flower-stalks. — Amsterdam, K. Ak. Wet., Proceed., 1905, p. 8—14.

WHEELER, W. M., A new agricultural ant from Texas, with remarks on the known north-american species. — Amer. Naturalist, 35, 1902, p. 87—100.

WILCZEK, E., Beiträge zur Kenntniss des Baues der Frucht und des Samens der Cyperaceen. — Bot. Centralbl., Cassel, Bd 51, 1892, p. 129—138, 193—201, 225—233, 257—265.

WILLKOMM, M., Grundzüge der Pflanzenverbreitung auf der iberischen Halbinsel. Lpzg. 1896. 8°. — Die Vegetation der Erde... hrsg. von A. Engler & O. Drude, 1.

WINCKLER, H., Pflanzengeographische Studien über die Formation des Buchenwaldes. Breslau 1901. 8°. Inaug.-Diss.

WITTE, H., De svenska alfvarväxterna. — Arkiv f. botan., Upps. & Sthlm, Bd 5, N:o 8, 1906.

WITTROCK, V. B., Ueber die höhere epiphytische Vegetation in Schweden. — Om den högre epifyt-vegetationen i Sverige. — Stockholm, Acta Horti Bergiani, Bd 2, N:o 6, 1894.

——, Om höstväxter. Föredrag på Kgl. Vetenskapsakademiens högtidsdag den 30 mars 1901. Sthlm 1901. 12°. (Särtryck ur Nya Dagl. Allehanda.)

VOGLER, P., Ueber die Verbreitungsmittel der schweizerischen Alpenpflanzen. — Flora, Marburg, Bd 89, 1901, p. 1—137, Taf. 1—4.

VRIES, H. DE, Ueber abnormale Entstehung secundärer Gewebe. — Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot., Berlin, Bd 22, 1891, p. 35—72. Taf. 1—2.

——, Die Mutationstheorie. Versuche und Beobachtungen über die Entstehung von Arten im Pflanzenreich. Bd 1—2. Lpzg. 1901—1903.

PFLANZENARTENVERZEICHNIS.

Adlumia cirrhosa Rafin 289.
Adonis spp. 392.
Adonis autumnalis L. 282.
Adonis vernalis L. 64, 65, 74, 222, 241, 282, 357.
Adonis pyrenaicus DC. 282.
Aegopodium Podagraria L. 362.
Aira cupaniana Guss. 248.
Airopsis praecox P. B. 248.
Ajuga Chamaepithys Schreb. 39, 46, 47, 51, 101, 102, 103, 318, 350, 361.
Ajuga genevensis L. 343, 345, 346, 352, 354, 367.
Ajuga Iva Schreb. 24, 25, 51, 102, 176, 195, 203, 318, 350, 351.
Ajuga orientalis L. 37, 103, 227, 318, 367, 371.
Ajuga pyramidalis L. 18, 19, 101, 102, 104, 105, 197, 227, 317, 318, 319, 341, 345, 347, 348, 355, 381.
Ajuga reptans L. 47, 51, 106, 227, 318, 319, 343, 345, 346, 352, 354, 362, 380, 381.
Alchemilla vulgaris L. 341.
Alliaria officinalis Andrz. 362.
Allium spp. 256, 360.
Allium acuminatum Hook 257, 260, 264.
Allium ammophilum Heuff. 263.
Allium coeruleum Pall. 263.
Allium fistulosum L. 261, 263.
Allium neapolitanum Cyr. 30, 80, 88, 182.
Allium obliquum L. 263.
Allium odorum L. 263.
Allium pendulinum Ten. 354.
Allium platycaule S. Wats. 257, 260, 264.
Allium platyspatum Schrenck. 263.
Allium polyphyllum Kar. & Kir. 263.
Allium Schoenoprasum L. 257, 260, 264.
Allium senescens L. 264.
Allium sphaerocephalum L. 263.
Allium stipitatum Regel. 263.
Allium triquetrum L. 25, 28, 29, 30, 176, 215, 260, 264, 265, 345, 353, 354.
Allium ursinum L. 18, 19, 197, 212, 260, 264, 265, 336, 343, 345, 346, 378, 379, 381.
Allium victoriale L. 263.
Amaranthus retroflexus L. 184.
Amberboa spp. 334, 336, 370.
Amberboa leucantha Coss. 233, 370.
Amberboa Lippii DC. 66, 67, 123, 128, 129, 143, 233, 242, 359, 361.
Amberboa maroccana Barr. & Murb. 233, 370.
Anagallis arvensis L. 306.
Anchusa spp. 308.
Anchusa arvensis L. 80, 81, 90, 91, 225, 310, 361.
Anchusa italica Retz. 225, 310, 311, 317.
Anchusa officinalis L. 24, 25, 92, 208, 225, 310, 311, 317, 360, 361.
Androsace septentrionalis L. 393, 394.
Anemone spp. 283, 336.
Anemone appennina L. 285.
Anemone caucasica Willd. 367.
Anemone coronaria L. 285.
Anemone hortensis L. 285.
Anemone japonica Sieb. & Zucc. 285.
Anemone multifida Poir. 285.
Anemone nemorosa L. 27, 28, 52, 76, 77, 184, 185, 197, 198, 242, 285, 288, 362.
Anemone ranunculoides L. 58, 122, 185, 285, 367.
Anemone silvestris L. 285.
Antennaria dioica (L.) Gærtn. 341.
Anthobolus spp. 276.
Anthoxanthum odoratum L. 61, 122, 141, 179, 341, 362.
Antirrhinum majus L. 208.
Aphyllanthes monspeliensis L. 268.
Aremonia agrimonoides Neck. 22, 84, 85, 114, 228, 242, 296, 337, 343, 345, 346, 349, 352, 387.
Arenaria spp. 243, 388.
Arenaria lateriflora L. 365, 366.
Arenaria muscosa Med. 42, 43, 60, 208, 214, 218, 281, 343, 345, 356, 357.
Arenaria serpyllifolia L. 280.
Arenaria trinervia L. 43, 44, 218, 281, 341, 343, 345, 346, 357, 362, 367, 378, 379, 381, 387.
Arisarum vulgare Targ.-Tozz. 257.
Aristida oligantha Michx. 2.
Aristolochia spp. 277.
Aristolochia Sipho L'Hérit. 277.
Asarum spp. 383, 388.
Asarum canadense L. 4, 218, 372.
Asarum europaeum L. 4, 217, 277, 343, 345, 346, 352, 372.

Asparagus albus L. 363.
Asperugo procumbens L. 307, 316.
Asphodelus acaulis Desf. 133, 153, 182, 255, 256.
Avena barbata Brot. 176.
Avena sativa L. 177, 195.
Betula alba L. 183.
Betula verrucosa Ehrh. 90, 156.
Biscutella laeviegata L. 177, 199.
Borrago spp. 337.
Borrago laxiflora Willd. 68, 92, 93, 226.
Borrago officinalis L. 93, 176, 226, 308, 309, 310, 311, 335, 338, 361, 362, 363.
Briza media L. 341.
Buchloe dactyloides Engelm. 2.
Caccinia strigosa Boiss. 316.
Calamagrostis arundinacea Roth. 180.
Calamagrostis Epigejos Roth. 206.
Calamintha Nepeta Sav. 317.
Calandrinia compressa Schrad. 279.
Calandrinia discolor Schrad. 279.
Calendula spp. 3, 162, 163.
Calendula arvensis L. 29, 92, 93, 97, 106, 107, 112, 140, 158, 170, 171, 172, 176.
Calendula officinalis L. 30, 36, 73, 150, 171, 172, 173, 363.
Calendula triptocarpa Rupr. 172.
Calluna vulgaris (L.) Salisb. 108, 165, 190, 197.
Capparis spinosa L. 363.
Carduus crispus L. 157, 192, 334.
Carduus defloratus L. 335.
Carduus Kerneri Simonkai. 94, 95, 152, 334.
Carduus nutans L. 130, 152, 334, 361, 367, 380.
Carduus pycnocephalus L. 25, 100, 102, 103, 129, 130, 134, 135, 152, 153, 176, 205, 239, 331, 334, 338, 350, 361, 389, 390.
Carex spp. 20, 216, 250—252, 386.
Carex capillaris L. 341.
Carex digitata L. 38, 39, 71, 85, 117, 118, 197, 198, 207, 230, 242, 251, 252, 341, 343, 345, 346. 347, 348, 349, 355, 380, 381, 383, 387.
Carex ericetorum Poll. 118, 119, 230, 242, 251, 252, 341, 345, 355, 365.
Carex glauca Scop. 21, 77, 169, 170, 181.
Carex Halleriana Asso. 66, 77, 112, 119, 120, 242, 251, 345, 350, 351, 352.
Carex Linkii Willd. 65, 66, 120, 242, 345, 350, 351, 353.
Carex microglochin Wahlenb. 250.
Carex montana L. 67, 118, 120, 121, 229, 242, 251, 252, 345, 346, 347, 352, 380, 381, 387, 388.
Carex muricata L. 250, 251.
Carex ornithopoda Willd. 121, 230, 242, 251, 341, 345. 348, 355.
Carex pallescens L. 28, 41, 158, 181, 251, 341.
Carex panicea L. 341.
Carex paniculata L. 251.
Carex paradoxa Willd. 251.
Carex pediformis C. A. Mey. 58, 118, 121, 122, 242, 251, 252, 341, 365, 366.
Carex pilulifera L. 250, 251, 347, 348, 380, 381.
Carex praecox Jacq. 53, 119, 121, 122, 230, 242, 251, 252, 341, 343, 345, 347, 348, 350, 351, 352, 355, 365, 381.
Carex silvatica Huds. 251.
Carex stricta Good. 21, 118, 122, 181, 246, 250, 251.
Carex teretiuscula Good. 250, 251.
Carex vesicaria L. 182.
Carica Papaya L. 3, 372.
Caryolopha sempervirens (L.) Fisch. & Trautw. 48, 94, 226, 311, 345.
Centaurea spp. 335, 336, 391.
Centaurea * axillaris W. 349, 352.
Centaurea Cineraria L. 363.
Centaurea Cyanus L. 136, 143, 144, 145, 203, 233, 234, 242, 331, 334, 359, 361.
Centaurea dealbata Willd. 18, 19, 100, 145, 146, 233, 242, 334.
Centaurea depressa Bieb. 145, 146, 233, 234, 242, 331, 367.
Centaurea eriophora L. 331.
Centaurea Jacea L. 110, 145, 146, 147, 233, 234, 242, 336, 341, 343, 345, 347, 381.
Centaurea montana L. 233, 242, 334, 345, 347, 355, 356, 381.
Centaurea ochroleuca Pushk. 96, 147, 233, 234, 242, 331, 334.
Centaurea phrygia L. 365, 367.
Centaurea Scabiosa L. 110, 138, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 233, 234, 242, 331, 332, 334, 336, 345, 351, 352, 365.
Cerastium spp. 176.
Cerinthe major L. 97, 119, 190, 317.
Chamærops humilis L. 363.
Chelidonium majus L. 4, 49, 50, 199, 200, 203, 207, 208, 214, 219, 289, 352, 362, 365, 366, 386, 391.
Chenopodium album L. 206.
Chionodoxa cretica Boiss. 371.
Chionodoxa Luciliæ Boiss. 30, 31, 32, 214, 216, 243, 265, 371.
Chlorophytum comosum (Thunb.) Baker 255.
Cirsium acaule All. 115, 154, 334, 345, 365.
Cirsium heterophyllum All. 341.
Cirsium lanceolatum L. 157, 192, 334.
Cirsium palustre Scop. 334.
Claytonia perfoliata Donn. 21, 127, 231, 279, 372.
Clypeola Jonthlaspi L. 176, 195.
Colchicum autumnale L. 257.
Convolvulus arvensis L. 360.
Corydalis spp. 214, 243, 337, 367, 369, 382, 384, 386, 391.
Corydalis angustifolia DC. 367.
Corydalis bracteata Pers. 365.
Corydalis capnoides (L.) Pers. 39, 50, 51, 219, 290.
Corydalis cava Schw. 219, 290, 346, 381, 388.
Corydalis claviculata DC. 290.
Corydalis fabacea Pers. 51, 52, 200, 219, 290, 336, 345, 346, 381.
Corydalis gracilis 365.
Corydalis impatiens Fisch. 365.
Corydalis laxa Fr. 52, 219, 290, 345, 379.
Corydalis lutea DC. 4, 219.
Corydalis nobilis Pers. 53, 200, 203, 219, 291, 336, 370.
Corydalis ochroleuca K. 208.
Corydalis pumila Rchb. 54, 219, 290, 345.
Corydalis rutacea Th. Fr.

Corydalis solida Sw. 346, 365, 380.
Corydalis vaginans Royle. 289, 290.
Corydalis vesicaria Pers. 289
Crataegus spp. 9.
Cyclamen spp. 4, 306, 353, 370.
Cyclamen africanum Boiss. 371.
Cyclamen alpinum Hort. 371.
Cyclamen coum Mill. 357, 367.
Cyclamen europaeum Ledeb. 343, 345, 346, 348, 349, 357, 381.
Cyclamen graecum Lk. 357, 371.
Cyclamen hiemale Hildebr. 357.
Cyclamen ibericum Ster.
Cyclamen neapolitanum Ten. 352, 354, 357.
Cyclamen persicum Mill. 4, 306, 357, 371.
Cyclamen repandum Sibth. & Sm. 352, 357.
Cyclamen Rohlfsianum Aschers. 371.
Cynoglossum officinale L. 307, 317.
Dianthus spp. 363.
Digitaria sanguinalis (L) Scop. 177.
Dimorphotheca pluvialis Moench. 3, 81, 93, 98, 157, 168, 173.
Emex spinosa Campd. 177.
Epimedium alpinum L. 343, 345, 346, 349.
Eragrostis ciliata Nus. 177.
Eriophorum vaginatum L. 250.
Erodium ciconium Willd. 176.
Erodium cicutarium L'Hérit. 176, 177, 195, 200.
Erodium romanum Willd. 176, 177, 195.
Erythronium dens canis L. 343, 345.
Euphorbia spp. 231, 300, 366, 367, 386.
Euphorbia alpina C. A. Mey. 365, 366.
Euphorbia amygdaloides L. 343, 345, 346, 351, 352, 353, 354, 381.
Euphorbia Bivonae Steud. 62, 124, 128, 129, 357, 363.
Euphorbia Characias L. 120, 121, 129, 130, 350.
Euphorbia dendroides L. 353.
Euphorbia dioica Hieron. 231.
Euphorbia dulcis L. 106, 345, 346, 356, 362, 381.
Euphorbia esula L. 365, 366.
Euphorbia Helioscopia L. 91, 128, 148, 149, 157, 189, 231.
Euphorbia Lathyris L. 107, 131, 232.
Euphorbia Myrsinites L. 46, 47, 132, 231.
Euphorbia nicaeensis All. 350.
Euphorbia peploides Gouan. 45, 132, 175, 177, 195, 206, 232, 352, 361, 362.
Euphorbia Peplus L. 79, 132, 133, 177, 195, 206, 232, 352, 361, 362, 363.
Euphorbia segetalis L. 131, 132, 359, 361, 368.
Euphorbia serrata L. 48, 132, 350.
Exocarpus spp. 276.
Falcaria Rivini Host. 360.
Fedia spp. 238.
Fedia cornucopiae (L) Gärtn. 45, 78, 79, 132, 133, 150, 177, 178, 195, 199, 234, 242, 325, 353, 354, 358, 361, 362.
Festuca ovina L. 108, 160, 161, 180.
Ficaria ranunculoides Moench. 33, 65, 68, 75, 223, 241, 283, 345, 346, 350, 353, 354, 362, 381, 382, 384.
Fritillaria Meleagris L. 257.
Fumaria spp. 369, 386, 392.
Fumaria capreolata L. 45, 78, 79, 80, 177, 223, 291, 292, 293, 361.
Fumaria officinalis L. 78, 79, 80, 81, 82, 176, 195, 200, 223, 291, 292, 294, 360, 361.
Fumaria spicata L. 80, 82, 83, 176, 223, 291, 292, 295, 360, 361.
Funckia ovata Spreng. 256.
Gagea lutea (L.) Ker. 32, 33, 216, 266, 345, 346, 354, 378, 379, 380, 381, 383.
Gagea minima (L.) Ker. 31, 33, 258, 266, 345, 346, 354, 383.
Gagea pauciflora Turcz. 366.
Galactites tomentosa Moench. 37, 124, 128, 129, 154, 205, 239, 337, 352, 353, 361, 368.
Galanthus spp. 371.
Galanthus nivalis L 35, 39, 40, 217, 271, 345, 346, 352, 371, 381, 384.
Galanthus plicatus Bieb. 367.
Galeobdolon luteum Huds. 29, 102, 106, 107, 318, 343, 345, 346, 356, 362, 381.
Galium Aparine L. 58, 104, 192, 360, 362.
Galium saccharatum All. 46, 150, 153, 192, 199.
Galium palustre L. 341.
Gazania rigens Moench. 192.
Geranium molle L. 47, 51, 83, 100, 106, 107, 131, 176, 188, 189.
Geum urbanum L. 362
Glechoma hederacea L. 36, 119, 191, 318, 362.
Gypsophila porrigens Boiss. 280
Hedypnois cretica Willd. 172, 176.
Heleocharis multicaulis Sm. 250.
Helichrysum spp. 363.
Helleborus spp. 163.
Helleborus caucasicus A. Br. 367.
Helleborus corsicus Willd. 168, 219, 283.
Helleborus foetidus L. 4, 18, 19, 49, 116, 160, 161, 162, 163, 167, 168, 169, 208, 219, 283, 345, 350, 354, 356, 362, 387.
Helleborus graveolens Host. 167, 168, 169, 170, 219, 343, 345, 346, 352.
Helleborus multifidus Vis. 345, 346, 352.
Helleborus niger L. 381.
Helleborus purpurascens Waldst. & Kit. 43, 89, 108, 167, 168, 170, 219, 345, 346.
Helleborus viridis Bieb. 50, 167, 168, 169, 170, 346, 381.
Hepatica triloba Choix. 27, 28, 76, 77, 197, 198, 205, 207, 208, 223, 229, 241, 283, 336, 337, 343, 345, 346, 348, 349, 350, 353, 356, 362, 366, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 388.
Heracleum spondylium L. 362.
Hyacinthus romanus L. 266, 267.
Hyacinthus orientalis L. 34, 35, 266, 269, 370, 371.
Hypochæris maculata L. 341.
Hyssopus officinalis L. 317.
Impatiens Noli tangere L. 91, 165, 189, 246.
Iris spp. 257.
Iris Chamaeiris Bertoloni. 272.
Iris Pseudacorus L. 257, 272, 273.
Iris ruthenica Dryander. 40, 41, 42, 217, 272, 365, 366.
Iris sambucina L. 272.

Iris sibirica L. 272.
Iris spuria L. 272.
Jeffersonia diphylla Pers. 5.
Juglans regia L. 208.
Juncus spp. 253.
Juniperus spp. 9.
Lachenalia tricolor Jacqu. 35, 36, 37, 372.
Lachenalia pendula Solander. 35, 36, 267, 372.
Lamium spp. 225, 319, 353.
Lamium album L. 58, 71, 107, 108, 109, 207, 208, 228, 318, 319, 362, 365.
Lamium amplexicaule L. 108, 109, 110, 176, 208, 318, 360, 361, 365, 367.
Lamium barbatum Sieb. & Zucc. 366.
Lamium cupreum Schott. 346.
Lamium maculatum L. 29, 55, 56, 77, 111, 228, 318, 345, 346, 352, 353, 362, 381.
Lamium Orvala L. 343, 345, 346.
Lamium pubescens Sibth. 354.
Lamium purpureum L. 91, 109, 110, 198, 206, 207, 318, 361, 365.
Lamium tomentosum Benth. 354.
Lathraea Squamaria L. 70, 71, 198, 206, 212, 222, 324, 325, 345, 346, 347, 367, 380, 381.
Lathyrus pratensis L. 160, 161, 166, 188.
Lavandula vera DC. 317.
Lepirodiclis holosteoides (C. A. Mey.) Fenzl. 281.
Leucojum æstivum L. 255, 258.
Leucojum vernum L. 258.
Linnaea borealis L. 144, 147, 192.
Linum catharticum L. 3, 189.
Lithospermum officinale L. 307, 317.
Lolium italicum A. Br. 177.
Luzula spp. 253, 336.
Luzula campestris (L.) DC. 24, 69, 136, 138, 182. 254, 255, 341.
Luzula Forsteri DC. 215, 253, 254, 345, 353, 354, 367.
Luzula maxima DC. 126, 182.
Luzula multiflora (Hoffm.) 253, 254, 255, 336.
Luzula pallescens (Wg.) 255.
Luzula pilosa (L.) Willd. 23, 24, 26, 27, 28, 196, 197, 198, 206, 207, 215, 253, 254, 336, 341, 343, 345, 346, 347, 348, 355, 362, 365, 366, 367, 378, 380, 381, 383.
Luzula rufescens Fisch. & Mey. 365, 366.
Lycopus europaeus L. 317.
Lysimachia nemorum L. 306.
Lysimachia nummularia L. 307.
Marrubium vulgare L. 317.
Medicago spp. 188.
Medicago disciformis DC. 176.
Medicago lupulina L. 50, 99, 188.
Medicago minima L. 176.
Medicago sulcata 177.
Medicago tribuloides Desr. 176, 195.
Melampyrum spp. 162, 163, 214, 322, 357, 386, 387.
Melampyrum arvense L. 345, 352.
Melampyrum barbatum W. K. 345, 352.
Melampyrum cristatum L. 222, 320, 321, 381.
Melampyrum nemorosum L. 69, 158, 164, 222, 320, 343, 345, 346, 352, 356, 378, 379, 381.
Melampyrum pratense L. 3, 4, 90, 98, 141, 146, 156, 162—166, 175, 196, 197, 199, 200, 204, 206, 207, 221, 319, 341, 343, 345, 347, 348, 355, 365, 367, 371, 380, 381.
Melampyrum silvaticum L. 145, 156, 160, 166, 167, 321, 341, 345, 347, 348, 355, 356, 378, 380, 381.
Melandrium rubrum Garcke. 362.
Melica spp. 386.
Melica ciliata L. 249.
Melica major Sibth. 62, 63, 103, 123, 124, 231, 242, 249, 353, 357, 363.
Melica nutans L. 41, 104, 105, 108, 123, 124, 197, 202, 203, 230, 242, 249, 250, 335, 341, 343, 345, 346, 347, 355, 365, 378, 379, 380, 381, 392.
Melica uniflora Retz. 4, 126, 242, 249, 250, 343, 345, 346, 352, 356, 362.
Melilotus spp. 3, 4, 162, 163, 173.
Melilotus italica Lam. 173.
Melilotus neapolitana Ten. 173.
Melilotus officinalis Lam. 115, 116, 154, 173, 174, 360.
Melilotus sulcata Desf. 37. 123, 128, 173, 174.
Mercurialis spp. 300.
Mercurialis annua L. 21, 22, 35, 93, 134, 177, 195, 232, 359, 361.
Mercurialis ovata Sternb. & Hoppe. 346, 349, 381
Mercurialis perennis L. 18, 40, 69, 134, 135, 197, 232, 345, 346, 347, 348, 352, 362, 378, 379, 380, 381,
Milium effusum L. 69, 95, 158, 180, 248, 362.
Monotropa Hypopithys L. 325.
Mulgedium alpinum Less. 246.
Muscari ambrosiacum Moench. 256, 258.
Myosotis spp. 336.
Myosotis arvensis (L) All. 94, 95, 127, 190, 191, 308, 309, 310, 313, 314, 315.
Myosotis caespitosa C. F. Schultz. 313, 314, 315.
Myosotis collina Hoffm. 313.
Myosotis palustris (L) Roth. 313, 314, 315.
Myosotis silvatica Hoffm. 307, 308, 309, 310, 313, 314, 315, 336.
Myosotis sparsiflora Mik. 94, 95, 226, 308, 309, 310, 313, 314, 315, 336, 345, 365.
Myosurus minimus L. 288.
Narcissus poeticus L. 255, 258, 259.
Narcissus Tazetta L. 258, 259.
Narthecium ossifragum Huds. 257.
Nemophila insignis Benth. 61, 62, 63, 307, 372.
Nonnea spp. 226, 308, 315, 337.
Nonnea alba DC. 96, 97, 310, 360, 361.
Nonnea flavescens Fisch & Mey. 92, 97.
Nonnea lutea DC. 38, 97, 360, 361.
Nonnea nigricans DC. 21, 22, 98, 176, 200, 361.
Nonnea pulla DC. 360.
Nonnea rosea Link. 98, 310, 315, 361.
Nonnea ventricosa Griseb. 227.
Notochlaena sp. 363.
Ornithogalum spp. 20.
Ornithogalum Kotschyanum Hort. 19, 20, 21, 200, 212, 267.
Ornithogalum nutans L. 21, 22, 212, 213, 267, 338, 345, 370.
Orobanche spp. 325.
Orobanche alba Stephan * rubra Hook. 325.

Osyris alba L. 276.
Papaver Rhoeas L. 360.
Parietaria lusitanica L. 46, 66, 74, 79, 80, 87, 88, 177, 195, 224, 242, 275, 276, 352, 361, 362, 363.
Parietaria officinalis L. 79, 87, 88, 183, 208, 275, 276, 363.
Paris quadrifolia L. 257.
Paronychia spp. 280.
Phagnalon sp. 363.
Phoenix dactylifera L. 207.
Picridium vulgare Desf. 177, 193, 195.
Pinus halepensis Mill. 176, 195, 247.
Plantago lanceolata L. 177.
Platanus orientalis L. 176, 177, 178, 195.
Poa compressa L. 183.
Poa trivialis L. 206.
Polygala spp. 3, 205.
Polygala anatolica Boiss. & Heldr. 367.
Polygala comosa Schkuhr. 366.
Polygala major Jacq. 367.
Polygala monspeliaca L. 83, 100, 129, 131, 140, 242, 300, 350, 351.
Polygala sibirica L. 365, 366.
Polygala vulgaris L. 105, 141, 142, 232, 242, 300, 335, 341, 343, 345, 347, 352, 365, 366, 381, 387.
Polygonum amphibium L. 278.
Polygonum aviculare L. 178.
Polygonum capitatum Hamilt. 43, 60, 89, 224, 229, 277, 278, 372, 388.
Polygonum Convolvulus L. 183, 206, 207.
Polygonum viviparum L. 341.
Polypodium vulgare L. 363.
Populus spp. 246.
Potentilla spp. 336, 337.
Potentilla alba L. 84, 85, 224, 241, 298, 336, 337, 344, 345, 349, 381.
Potentilla argentea L. 297, 336.
Potentilla collina Wib. 297.
Potentilla fragariastrum Ehrh. 298.
Potentilla palustris (L) Scop.
Potentilla paradoxa Nutt. 95, 186, 187, 224, 298.
Potentilla recta L. 297.
Potentilla reptans Willd. 297.
Potentilla rupestris L. 74, 186, 187, 297.
Potentilla thuringiaca Bernh. 74, 95, 186, 187, 297.
Potentilla Tormentilla Neck. 297.
Poterium Sanguisorba L. 177.
Prasium majus L. 318, 363.
Primula spp. 336.
Primula acaulis (L.) 42, 59, 60, 61, 214, 220, 304, 305, 306, 336, 344, 345, 346, 349, 352, 367, 381, 387, 392, 393, 394.
Primula elatior (L.) 59, 60, 61, 115, 187, 190, 220, 304, 305, 306, 336, 392, 393, 394.
Primula farinosa L. 304, 306, 393.
Primula obconica Hance. 306.
Primula officinalis Jacq. 59, 304, 306.
Primula sinensis Sub. 306.
Pterotheca sancta C. Koch. 172, 177, 193.
Pulmonaria spp. 4, 315.
Pulmonaria angustifolia L. 315, 345, 356, 381.
Pulmonaria mollis Wolff. 344, 345, 365, 366.
Pulmonaria mollisima Kern. 99, 227, 242, 316, 345.
Pulmonaria officinalis L. 30, 31, 32, 60, 61, 99, 227, 242, 310, 315, 344, 345, 346, 348, 380, 381.
Pulmonaria rubra Schott. 346.
Pulmonaria virginica L. 308, 309, 310, 316.
Pulsatilla spp. 283.
Puschkinia hyacinthoides Baker. 371.
Puschkinia scilloides Adams. 23, 24, 196, 212, 213, 268, 336, 371.
Quercus spp. 9.
Ranunculus acer L. 178, 362.
Ranunculus auricomus L. 31, 58, 85, 86, 185, 186, 288, 289.
Ranunculus cassubicus L. 53, 58, 185, 186, 288, 289.
Ranunculus polyanthemos L. 288, 289.
Ranunculus sceleratus L. 288.
Reseda alba L. 37, 46. 61, 62, 63, 186, 295.
Reseda glauca L. 295.
Reseda lutea L. 295, 296.
Reseda luteola L. 47, 48, 186, 295.
Reseda odorata L. 44, 45, 46, 61, 177, 205, 220, 296, 372, 392.
Reseda Phyteuma L. 40, 46, 47, 48, 205, 219, 296, 361.
Rhamnus alaternus L. 363.
Ricinus communis L. 231.
Roemeria hybrida DC. 360.
Rosa sp. 363.
Rosmarinus officinalis L. 21, 22, 111, 112, 177, 178, 195, 196, 200, 203, 228, 318, 319, 350, 351, 392.
Rubus sp. 363.
Rubus caesius L. 362.
Rumex crispus L. 362.
Rumex domesticus Hn. 206.
Salix spp. 246.
Salix pentandra L. 246.
Salvia spp. 318.
Salvia clandestina L. 177, 195, 318.
Sanguinaria canadensis L. 4, 372.
Scabiosa spp. 327.
Scabiosa columbaria L. 327.
Scabiosa cretica L 239, 327, 363.
Scabiosa lucida Vill. 331.
Scabiosa micrantha Desf. 331.
Scilla spp. 336.
Scilla amoena L. 20, 37, 38, 212, 216, 241, 271, 345, 381.
Scilla bifolia L. 37, 217, 271, 345, 346, 371, 381.
Scilla lilio-hyacinthus L. 69, 83, 183, 271.
Scilla pratensis Waldst. 269.
Scilla sibirica Andr. 28, 37, 38, 39, 217, 241, 269, 270, 336, 345, 367, 371, 384.
Scleranthus spp. 280.
Scleranthus perennis L. 96, 160, 184.
Scrophularia vernalis L. 208.
Scutellaria spp. 318.
Secale cereale L. 27, 28, 181.
Senecio vulgaris L. 177, 195.
Seseli Bocconii Guss. 363.
Setaria glauca Beauv. 178.
Setaria viridis Beauv. 178.
Silene baccifer Roth. 280.
Silene conoidea L. 280.
Specularia speculum DC. 363.

Spergularia rubra (L) Presl. 178.
Sonchus asper All. 206.
Sonchus oleraceus L. 246.
Sonchus tenerrimus L. 208.
Spinifex squarrosus L. 257.
Stachys arvensis L. 318.
Stachys silvatica L. 362.
Stellaria Holostea L. 20, 34, 53, 184, 281.
Stellaria media (L) Cyrill. 208, 363.
Stenhammaria maritima (L) Rchb. 316.
Succisa pratensis Moench. 327.
Symphytum spp. 316.
Symphytum asperrimum Donn. 371.
Symphytum bulbosum Schimp. 82, 88, 93, 99, 100, 227, 243, 345.
Symphytum cordatum Willd. 346.
Symphytum grandiflorum DC. 367.
Symphytum officinale L. 100, 101, 227, 310, 335, 344, 345, 381.
Symphytum tauricum L. 83, 101, 367.
Symphytum tuberosum L. 344, 346, 352, 353, 380, 381.
Taraxacum spp. 246.
Taraxacum officinale Web. 193, 197, 362.
Teucrium flavum L. 317, 318, 363.
Teucrium fruticans L. 318.
Theligonum Cynocrambe L. 70, 72, 73, 74, 177, 178, 195, 199, 222, 243, 279, 358, 361, 362, 363, 386.
Thesium alpinum L. 114, 115, 116, 229, 276, 345, 356.
Thesium longifolium Turcz. 365.
Thesium ramosum 367.
Thesium repens Ledeb. 365, 366.
Thlaspi latifolium Bieb. 367.
Thymus spp. 317.
Thymus Serpyllum L. 148, 149, 169, 191, 317, 318.
Thymus vulgaris L. 9, 317, 351.
Thymus Zygis L. 363.
Tofieldia spp. 257.
Trichera spp. 205, 327, 331, 386, 390.
Trichera arvensis (L) Schrad. 44, 109, 141, 142, 148, 155, 156, 197, 199, 206, 207, 239, 242, 326, 328, 337, 341, 345, 351, 352, 354, 355, 356.
Trichera atrorubens Hort. 42, 157, 240, 242, 326.
Trichera orientalis (L) 101, 158, 240, 242, 326, 359, 361.
Trichera silvatica Schrad. 96, 158, 242, 326, 344, 345, 347, 356, 381.
Trientalis europaea L. 144, 147, 190
Trifolium spp. 177.
Trifolium agrarium L. 188.
Trifolium pratense L. 138, 145, 188.
Trifolium stellatum L. 177, 195.
Trillium recurvatum Beck. 4, 372.
Triodia decumbens Beauv. 147, 148, 156, 160, 161, 240, 242, 249, 250, 341, 345, 349, 355, 356, 378, 379, 381.
Triteleia uniflora Lindl. 24, 25, 212, 213, 216, 271.
Turnera ulmifolia L. 5, 372.
Tyrimnus leucographus Cass. 335.
Umbilicus pendulinus DC. 363.
Urtica dioica L. 206, 207, 362.
Urtica membranacea Poir. 276, 363.
Uvularia grandiflora Sm. 4, 372.
Vaccaria segetalis Garke. 280.
Waldsteinia geoides Willd. 75, 85, 224, 242, 300, 338, 345.
Valerianella spp. 234, 325.
Veltheimia viridifolia Jacq. 256.
Verbascum spp. 322.
Veronica spp. 214, 322, 386, 387.
Veronica agrestis L. 57, 63—65, 177, 198, 222, 321, 323, 324, 360, 361.
Veronica Chamaedrys L. 362.
Veronica Cymbalaria Bod. 63, 64, 65, 66, 67, 177, 195, 222, 321, 322, 323, 324, 361, 362, 363.
Veronica hederaefolia L. 52, 56, 57, 63, 64, 67, 68, 69, 177, 178, 195, 198, 200, 208, 222, 321, 322, 323, 324, 360, 361, 362.
Veronica panormitana Tin. 63, 64, 69, 70, 177, 195, 321, 322, 323, 361, 362, 363.
Veronica peduncularis Bieb. 323.
Veronica persica Poir. 57, 63, 64, 65, 66, 82, 191, 323, 324.
Veronica polita Fr. 64, 67, 191, 323, 324.
Viburnum Opulus L. 379.
Vicia sepium L. 101, 169, 188.
Viola spp. 301, 365, 369, 390, 391.
Viola arvensis 27, 28, 135, 136, 361.
Viola canina L. 341, 345, 347, 355, 365, 366, 367, 378, 379, 381.
Viola collina Bess. 381.
Viola elatior Fr. 59, 137, 200, 232, 302, 304, 345, 381.
Viola hirta L. 4, 54, 55, 56, 197, 203, 208, 220, 345, 352, 354, 362, 365, 381.
Viola mirabilis L. 56, 137, 246, 301, 341, 345, 346, 347, 355, 365, 381.
Viola odorata L. 3, 4, 56, 57, 208, 213, 214, 220, 301, 302, 304, 336, 345, 346, 352, 367, 372, 381, 388, 391.
Viola patrini Ging. 302, 304.
Viola palustris L. 136, 137, 139, 189.
Viola pubescens Ait. 20, 57, 58, 199, 200, 220, 302, 304, 372.
Viola Riviniana Reichb. 135, 136, 138, 139, 302, 304, 341, 345, 347, 355, 378, 379, 380.
Viola rupestris F. W. Schmidt. 366.
Viola saepincola Jord. 350, 351, 354.
Viola silvatica Fr. 344, 345, 346, 348, 349, 352, 354, 366, 367, 380, 381.
Viola suavis Bieb. 34, 58, 199, 200, 203, 220, 302, 304.
Viola tricolor L. 139, 341, 360, 361.
Vitis vinifera L. 177, 178.

TAFELERKLÄRUNG.

Wo nicht anders angegeben ist, sind die Originale von mir eingesammelt.

Tafel 1.

1. *Ornithogalum nutans*. H. B. Monsp. 19 $^{7}/_{5}$ 02. Teil des Fruchtstandes $\frac{1}{1}$.
2. » » » » Samen $\frac{2}{1}$.
3. *Puschkinia scilloides*. H. B. U. 19 $^{9}/_{6}$ 00. Samen $\frac{4}{1}$.
4. *Triteleia uniflora*. H. B. Monsp. 19 $^{30}/_{5}$ 02. Geöffnete Kapsel $\frac{1}{1}$.
5. *Luzula Forsteri*. H. B. Napol. 19 $^{28}/_{3}$ 03. Samen $\frac{4}{1}$.
6. » *pilosa*. Uppland, Tjället. 19 $^{22}/_{6}$ 02. Leg. F. R. KJELLMAN. Samen $\frac{8}{1}$.
7. *Allium triquetrum*. H. B. Monsp. 19 $^{26}/_{5}$ 02. Kapsel $\frac{1}{1}$.
8. » » » » Samen $\frac{3}{1}$.
9. *Chionodoxa Luciliae*. H. B. U. 19 $^{21}/_{6}$ 04. Kapsel $\frac{1}{1}$.
10. » » » » Samensammlung $\frac{2}{1}$.
11. » » » » Samen $\frac{9}{1}$.
12. » » » » » $\frac{9}{1}$ mit geborstener Schale.
13. Derselbe Samen wie 12, von unten gesehen. $\frac{9}{1}$.
14. *Chionodoxa sardensis*. H. B. U. 19 $^{20}/_{6}$ 04. Kapsel $\frac{1}{1}$.
15. » » » » Samen $\frac{3}{1}$.
16. *Gagea lutea*. Uppland, Dalby. 19 $^{12}/_{5}$ 04. Kapsel $\frac{1}{1}$.
17. » » » » » Samen $\frac{1}{1}$.
18. *Hyacinthus orientalis*. H. B. U. 19 $^{30}/_{6}$ 01. Kapsel $\frac{1}{1}$.
19. *Scilla sibirica*. Hort. Bot. Amst. 19 $^{17}/_{6}$ 03. Kapsel, *a*) von der Seite, *b*) von oben gesehen $\frac{1}{1}$.

20 u. 21. *a*) u. *b*) *Scilla sibirica*. Hort. Bot. Amst. 19 $^{17}/_{6}$ 03. Samen $\frac{2}{1}$.

22. *Galanthus nivalis*. H. B. U. 19 $^{5}/_{7}$ 00. Reife Kapsel mit Stiel $\frac{1}{1}$.
23. » » » » Samen $\frac{3}{1}$.
24. *Iris ruthenica*. H. B. U. 19 $^{14}/_{7}$ 05. Samen $\frac{2}{1}$.
25. *Arenaria muscosa*. Hort. Bot. Gen. 19 $^{21}/_{5}$ 03. *a*) Reife Kapsel $\frac{1}{1}$, *b*) Dieselbe $\frac{2}{1}$.
26. » » » » Samen *a*) von der Seite gesehen $\frac{5}{1}$, *b*) von unten gesehen $\frac{10}{1}$.
27. *Arenaria trinervia*. Uppsala. Kungsparken. 19 $^{6}/_{7}$ 00.
28. *Corydalis capnoides*. H. B. Monsp. 19 $^{4}/_{6}$ 02. Samen $\frac{5}{1}$.
29. *Corydalis cava*. H. B. U. 19 $^{15}/_{6}$ 04. Samen, *a*) von der Seite, *b*) von unten gesehen $\frac{2}{1}$.
30. *Corydalis pumila*. Uppland, Nontuna. 19 $^{24}/_{5}$ 01. Samen.
31. *Corydalis vaginans*. H. B. U. 19 $^{21}/_{10}$ 01. Geöffnete Kapsel $\frac{1}{1}$.
32. » » » » Samen, *a*) von der Seite, *b*) von unten gesehen $\frac{5}{1}$.
33. *Reseda Phyteuma*. Montpellier. 19 $^{7}/_{6}$ 02. Kapsel, *a*) von der Seite, *b*) von unten $\frac{5}{1}$.
34. » » » » Samen, *a*) von der Seite, *b*) von unten $\frac{4}{1}$.
35. *Primula acaulis*. Hort. Bot. Gen. 19 $^{26}/_{5}$ 03. *a*) Samen von der Seite, *b*) ein anderer von unten $\frac{4}{1}$.
36. *Melampyrum cristatum*. Uppl. Dalby. 19 $^{16}/_{8}$ 04. Geöffnete Kapsel von der Seite $\frac{3}{2}$.
37. » » » » » » » oben $\frac{3}{2}$.
38. » » » » » Samen $\frac{9}{1}$.
39. *Melampyrum nemorosum*. H. Berg. 19 $^{25}/_{8}$ 04. Geöffnete Kapsel, *a*) von der Seite, *b*) von unten $\frac{3}{2}$.
40. » » » » Samen $\frac{2}{1}$.
41. » » » » Missgebildeter Samen $\frac{3}{1}$.
42. *Melampyrum pratense*. Uppl. Dalby. 19 $^{16}/_{8}$ 04. Geöffnete Kapsel, *a*) von der Seite, *b*) von oben $\frac{3}{2}$.
43. » » » » » Samen $\frac{2}{1}$.

43 $^{1}/_{2}$. » » » » » Samen in verschiedenen Entwicklungsstadien $\frac{4}{1}$.

Tafel 2.

44. *Lathraea Squamaria.* Uppl. Djuphagen. 19 30/6 01. *a*) Eben geöffnete Kapsel, *b*) Plazenta derselben ohne Samen $\frac{4}{1}$.
45. » » » » » Samen, *a*) von der Seite, *b*) von der Raphe $\frac{8}{1}$.
46. *Veronica Cymbalaria.* Montpellier. 19 2/6 02. Teil eines hängenden Sprosssystems $\frac{1}{1}$.
47. » » » » Samen, *a*) von der Seite, *b*) von unten, *c*) median durchgeschnitten $\frac{4}{1}$.
48. » » » » » *a*) median, *b*) mehr tangential geschnitten $\frac{4}{1}$.
49. *Theligonum Cynocrambe.* Palermo, la Favorita, Maquis. 19 7/4 03. Frucht $\frac{3}{1}$.
50. *Adonis vernalis.* H. B. U. 19 12/7 01 Frucht $\frac{3}{1}$.
51. *Anemone nemorosa.* Uppl. Dalby. 19 12/6 04. Fruchtstand $\frac{1}{1}$.
52. » » » » » Frucht $\frac{3}{1}$.
53. *Anemone ranunculoides.* H. B. U. 19 15/6 04. Frucht $\frac{2}{1}$.
54. *Hepatica triloba.* Uppl. Dalby. 19 12/6 04. Fruchtstand $\frac{1}{1}$.
55. » » » » » Frucht $\frac{2}{1}$.
56. *Ficaria ranunculoides.* H. B. Monsp. 19 11/4 02. Fruchtstand $\frac{1}{1}$.
57. » » H. Berg. 19 14/6 04. Frucht $\frac{2}{1}$.
58. *Potentilla alba.* H. H. Amst. 19 6/6 03. Frucht, *a*) von der Seite, *b*) von unten $\frac{4}{1}$.
59. » » » » Dieselbe mit gebliebenem Griffel $\frac{4}{1}$.
60. *Waldsteinia geoides.* H. Berg. 19 14/6 04. *a*) Frucht, *b*) Griffel $\frac{3}{1}$.
61. *Fumaria capreolata.* Palermo. 19 20/5 03. Blütenstand $\frac{2}{1}$.
62. » » » » Fruchtstand $\frac{2}{1}$.
63. » » » » Frucht $\frac{3}{1}$.
64. *Fumaria spicata.* Montpellier. 19 27/4 02. Blütenstand $\frac{2}{1}$.
65. » » » » Fruchtstand $\frac{2}{1}$.
66*a* u. *b* » » » » Frucht $\frac{3}{1}$.
67. *Polygonum capitatum.* H. B. U. 19 28/9 04. Verbreitungseinheit $\frac{8}{1}$.
68. *Caryolopha sempervirens.* H. B. Monsp. 1902. Fruchtkelch $\frac{8}{2}$.
68½. » » » » Teilfrucht $\frac{8}{1}$.
69. *Myosotis sparsiflora.* H. B. U. 19 13/6 04. Teilfrucht von 3 Seiten gesehen $\frac{4}{1}$.
70. *Nonnea alba.* Montpellier. 19 20/5 02. Teilfrucht, *a*) von der Seite, *b*) von unten $\frac{8}{1}$.
71. *Nonnea rosea.* H. B. U. Fruchtkelch $\frac{8}{2}$.
72. » » » Teilfrucht, *a*) von der Seite, *b*) von unten $\frac{8}{1}$.
73. *Pulmonaria mollissima.* H. B. U. 19 21/6 04. Fruchtkelch $\frac{1}{1}$.
74. » » » » Teilfrucht, *a*) von der Seite, *b*) von unten $\frac{8}{1}$.
75. *Ajuga orientalis.* H. B. Pan. 19 20/5 03. Blüte in vorgeschrittener Postfloration; ein Kelchzipfel entfernt, $\frac{8}{1}$.
76. » » » » Teilfruchtsammlung, *a*) von oben, *b*) von unten, *c*) von der Seite $\frac{2}{1}$.
77. » » » » Teilfrucht, *a*) von der Seite, *b*) von innen $\frac{8}{1}$.
78. *Ajuga pyramidalis.* Klockarhyttan. 19 2/7 00. Wie 75. $\frac{8}{1}$.
79. » » » » Fruchtboden nach Entfernung der Teilfrüchte $\frac{4}{1}$.
80. » » » » Teilfrucht mit grossem Elaiosom $\frac{4}{1}$.
81. » » » » Teilfrucht, *a*) von der Seite, *b*) von innen $\frac{8}{1}$.
82. *Ajuga reptans.* Frankreich, Lattes. 19 4/6 02. Wie 75. $\frac{8}{1}$.
83. » » » » » Teilfrucht, *a*) von der Seite, *b*) von innen $\frac{5}{1}$.
84. *Lamium maculatum.* M. Ventoux. 19 21/5 02. Teilfrucht, *a*) von aussen, *b*) von innen, *c*) von der Seite $\frac{8}{1}$.
85. *Rosmarinus officinalis.* Montpellier. 19 4/5 02. Fruchtkelch.
86. » » » » Teilfruchtsammlung, *a*) von oben, *b*) von unten, *c*) von der Seite $\frac{2}{1}$.
87 u. 88. » » » » Teilfrüchte, *a*) von aussen, *b*) von innen $\frac{8}{1}$.
89. » » » » Teilfrucht, benetzt $\frac{3}{1}$.

Tafel 3.

90. *Aremonia agrimonoides.* H. B. Amst. 19 13/6 03. Teil der Infloreszenz $\frac{8}{2}$.
91. » » » » Verbreitungseinheit $\frac{2}{1}$.
92. *Thesium alpinum.* Småland, Dådesjö. 18 30/6 97. Leg. J. P. Gustafsson. Verbreitungseinheit $\frac{8}{1}$.
93. *Carex ericetorum.* Klockarhyttan. 18 7/7 99. Verbreitungseinheit $\frac{4}{1}$.
94. *Carex montana.* Dalby. 19 20/6 04. Verbreitungseinheiten $\frac{8}{1}$.
95. *Carex ornithopoda.* Härjedalen, Fjällnäs. 19 18/7 04. Verbreitungseinheit $\frac{3}{1}$.

96. *Melica nutans*. Uppsala. 18 15/7 80. Lag. C. A. Andersson. *a*) Anemochore, *b*) myrmeko chore Verbreitungseinheit $\frac{2}{1}$.
97. *Calandrinia compressa*. H. Berg. 19 25/8 04. Samen $\frac{6}{1}$.
98. *Claytonia perfoliata*. H. Berg. 19 25/8 04. Samen $\frac{4}{1}$.
99. *Claytonia sibirica*. H. Berg. 19 25/8 04. Samen $\frac{4}{1}$.
100. *Euphorbia Lathyris*. H. B. Monsp. 19 3/6 02. Kapsel, durchgeschnitten $\frac{2}{1}$.
101. » » » » Samen, *a*) von der Seite, *b*) von innen $\frac{2}{1}$.
102. *Mercurialis perennis*. M. Ventoux. 19 21/5 02. Frucht $\frac{2}{1}$.
103. » » » » Samen von innen und von der Seite $\frac{2}{1}$.
104. *Polygala vulgaris*. Klockarhyttan. 1900. *a*) Verbreitungseinheit, *b*) isolierte Kapsel.
105 *a* u. *b* » » » » Samen von zwei Seiten $\frac{4}{1}$.
106. *Amberboa leucantha*. Sahara algérien, Ghardaïa. Comm. Sv. Murbeck. Frucht $\frac{2}{1}$.
107. *Centaurea Cyanus*. Dalby. 19 30/8 04. Frucht $\frac{2}{1}$.
108. *Centaurea depressa*. H. Berg. 19 24/7 01. Frucht $\frac{2}{1}$.
109. *Centaurea montana* **axillaris*. H. Berg. 19 25/8 01. Frucht $\frac{2}{1}$.
110. *Centaurea ochroleuca*. H. Berg. 19 24/7 01. Frucht $\frac{2}{1}$.
111. » » » » Blütenkorb, *a*) Anthese, *b*) Fruchtreife $\frac{1}{1}$.
112. *Fedia Cornucopiae*. Sizilien, La Favorita, Maquis. 19 27/4 02. Eingefasste Frucht mit ihrem Stiele; die Seitensprosse entfernt $\frac{2}{1}$.
113. » » » » » » Dieselbe Frucht. Wie in 114—125: *a*) Ventralseite, *b*) Dorsalseite $\frac{2}{1}$.
114. » » » » » » Eingefasste Frucht mit Fragmenten der Achse $\frac{2}{1}$.
115. » » » » » » Eingefasste Frucht $\frac{2}{1}$.
116-119. » » » » » » Flügelfrüchte $\frac{2}{1}$.
120-121. » » » » » » Schalenfrüchte $\frac{2}{1}$.
122. » » » » » » Übergangsform zwischen Schalen- u. Ameisenfrucht $\frac{2}{1}$.
123-125. » » » » » » Ameisenfrüchte.
126-127. *Carduus crispus*. Dalby. 19 5/9 04. Früchte, *a*) von den Seiten $\frac{1}{1}$, *b*) von oben $\frac{3}{1}$.
128-129. *Carduus pycnocephalus*. Montpellier. 19 6/6 03. Früchte, *a*) von den Seiten $\frac{1}{1}$, *b*) von oben $\frac{3}{1}$.
130-131. *Cirsium acaule*. Västergötland, Wrangelsholm. 19 20/9 04. Leg. Hernfr. Witte. Früchte, *a*) von den Seiten, *b*) von oben $\frac{3}{1}$.
132. *Galactites tomentosa*. Palermo. 19 3/5 03. Früchte, *a*) von den Seiten, *b*) von oben $\frac{3}{1}$.
133. *Trichera atrorubens*. H. B. U. 19 19/10 01. Verbreitungseinheit, *a*) von der Seite, *b*) von unten $\frac{2}{1}$.
134. *Triodia decumbens*. Uppsala, Lassby backar. 19 19/9 04. Verbreitungseinheit $\frac{3}{1}$.

Tafel 4.

135. *Allium triquetrum*. H. B. Monsp. 19 26/5 02. Längschnitt durch den Proximalteil eines Samens $\frac{30}{1}$.
136. *Scilla sibirica*. H. B. Amst. 19 17/6 03. » » » $\frac{30}{1}$.
137. *Asarum europaeum*. Längschnitt eines Samens $\frac{30}{1}$.
138. » » Partie einer jungen Strophiole, um die Entwickelung der Epidermis. und der Riesenzelle zu veranschaulichen $\frac{128}{1}$.
139. *Corydalis cava*. H. B. U. 19 15/6 04. Längschnitt durch ein Elaiosom $\frac{52}{1}$.

Tafel 5.

140. *Arenaria trinervia*. Uppsala, Kungsparken. 19 6/7 00. Elaiosom von unten $\frac{30}{1}$.
141. *Melampyrum pratense*. Längschnitt durch die Chalazaregion eines Samens.
142. *Fumaria capreolata*. Palermo. 19 20/5 03. Längschnitt durch den Proximalteil einer Frucht $\frac{52}{1}$.
143. *Fumaria spicata*. Montpellier. 19 27/4 02. » » » $\frac{30}{1}$.
144. *Polygonum capitatum*. H. B. Gen. 19 25/5 03. Längschnitt durch den Proximalteil einer Verbreitungseinheit $\frac{30}{1}$.

Tafel 6.

145. *Rosmarinus officinalis*. La Valette. 19 4/5 02. Längschnitt durch eine Partie des Fruchtbodens mit einer Teilfrucht und ihrer von dem übrigen Fruchtboden sich ablösenden Pseudostrophiole $\frac{30}{1}$.
146. *Aremonia agrimonoides*. H. B. Amst. 19 12/6 03. Längschnitt durch ein Elaiosom $\frac{30}{1}$.
147. *Carex ericetorum*. Klockarhyttan. 18 7/7 99. Längschnitt durch den Proximalteil einer Verbreitungseinheit mit dem Elaiosom $\frac{30}{1}$.
148. *Carex montana*. Längschnitt durch das distale Elaisom $\frac{30}{1}$.

Tafel 7.

149. *Cirsium lanceolatum*. Dalby. 19 30/8 04. Längschnitt durch das Mamillon $\frac{5}{1}^{2}$.
150. *Galactites tomentosa*. Palermo. 19 19/5 03. Längschnitt durch das Elaiosom $\frac{3}{1}^{0}$.
151. *Triodia decumbens*. Uppzala. Lassby backar. 19 19/9 04. Querschnitt der Vorspelze mit den Elaiosomen. $\frac{1}{1}^{2}{}^{8}$.

Die Originale der Tafeln 4—7 sind mit Camera gezeichnet und um $\frac{2}{5}$ verkleinert.

Tafel 8.

a) *Reseda alba*. H. B. U. 19 18/9 05
b) » *luteola* » »
c) » *lutea* » »
d) » *odorata* » »
e) » *Phytema* » »

} Fruchtstände, verkleinert.

Tafel 9.

Lithospermum officinale. H. B. U. 19 18/9 05. Fruchtstand, verkleinert.

Tafel 10.

Cynoglossum officinale. H. B. U. 19 18/9 05. Fruchtstand. verkleinert.

Tafel 11.

a) *Nonnea nigricans*. H. B. U. 19 18/5 05
b) » *rosea* » »

} Fruchtstände, verkleinert.

NACHTRÄGE UND BERICHTIGUNGEN.

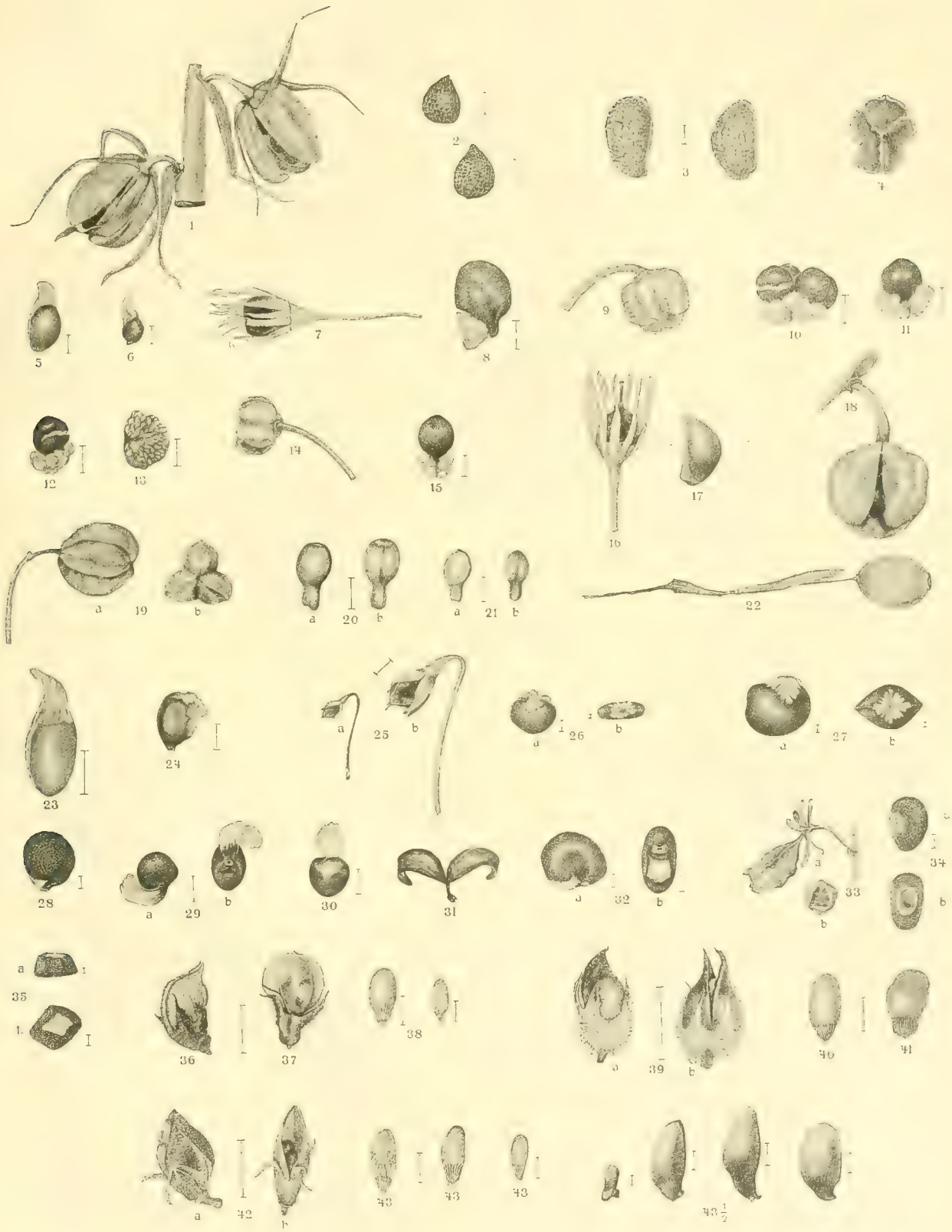
Pag. 10 Zeile 15 von oben steht: den allgemeinen myrmekophilen Anpassungen, lies: der Entwicklungsgeschichte.
139 » 1 Exp. 3, lies: Exp. 4.
185 6 unten *cassubius.* *cassubicus.*
206 10 » $P = C.$ $PC = .$
218 12 und 14 von unten steht: IV—139, lies: V—140.
219 20 von unten steht: 140, lies: 139.
219 13 1—00 lies: IV—139.
222 6 oben 45 46.
224—227 steht: III, lies: II.
228 nach *Lamium* und *Rosmarinus* steht: III, lies: II.
242. Nach Zeile 4 von oben ist einzufügen:

Ajuga orientalis
pyramidalis } Teilfrüchte an der Dorsalseite behaart.
» *reptans*

256. Tafelerklärung und Zeile 4 von unten steht: *ambrosianum*, lies: *ambrosiacum.*
256 Zeile 4 von unten steht: *viridiflora*, lies: *viridifolia.*
257 7 oben *Spirifex*, *Spinifex.*
279 3 unten *C. perfoliata*, *Claytonia perfoliata.*
280 2 » *serpylifolia*, *serpyllifolia.*
289 6 » *fungosa* *cirrhosa.*
290 5 oben » »
290 5 » » *vaginata*, *vaginans.*
290 12 unten » » » »
351 3 oben *A. Iva* » *Ajuga Iva.*
360 12 unten *Lamium amplexiaule*, lies: *Lamium amplexicaule.*
361 unter *Theligonum* *orientalis*, » *Trichera orientalis.*
368 Zeile 16 von oben und in der Note steht: WAHL, lies: VAHL.
378 15 unten steht: *carthartica*, lies: *cathartica.*
387 13 oben » *berus.* *borus.*

Tryckt den 31 oktober 1906.

Uppsala 1906. Almqvist & Wiksells Boktryckeri-A.-B.



1—23, 25—43 Sigrid Ohlsson del. 24 & 43 1/2 Gertrud Boëthius del. Ljustryck. Justus Cederquist, Stockholm.

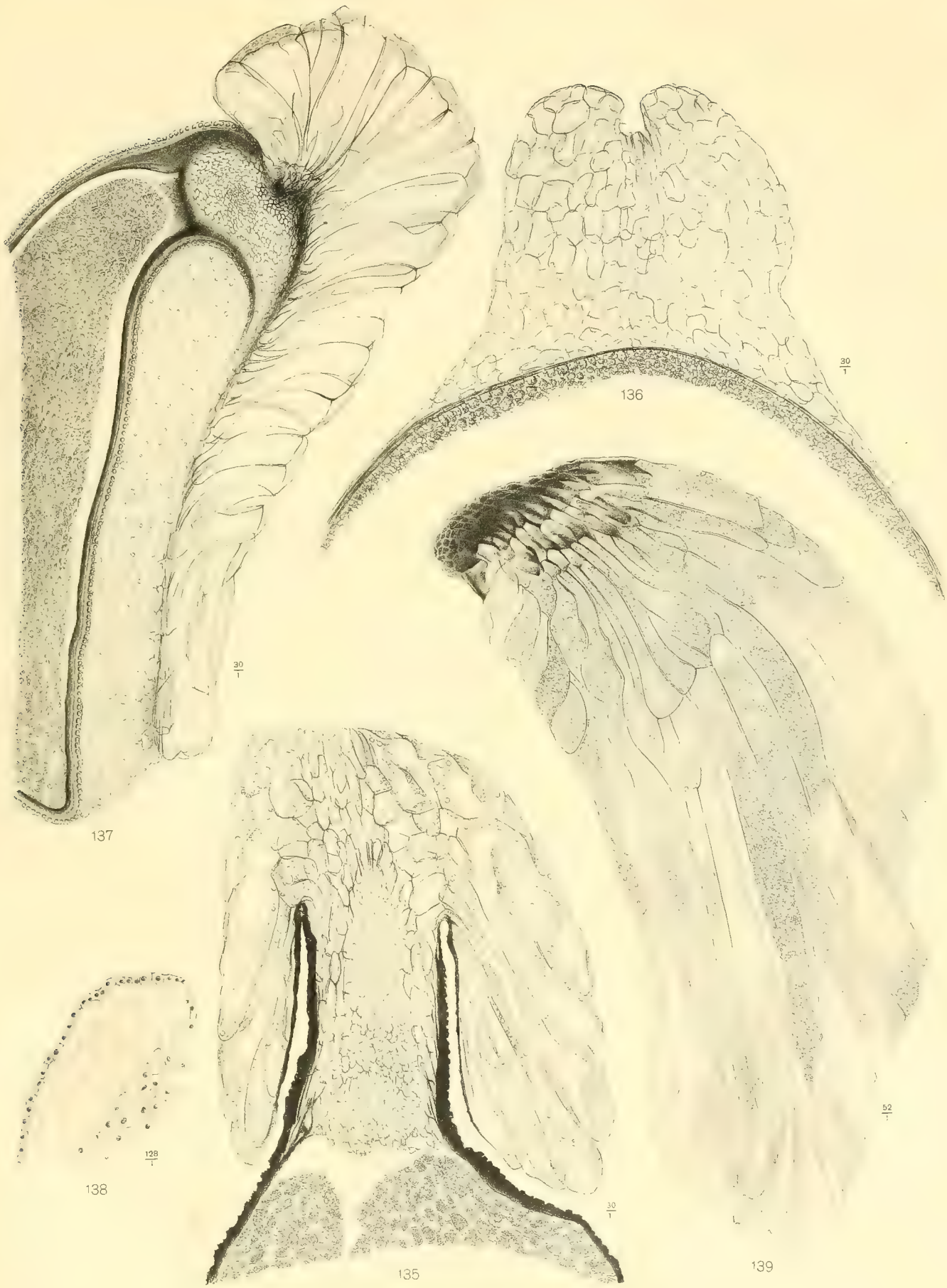
1—2. Ornithogalum nutans. 3. Puschkinia scilloides. 4. Triteleia uniflora. 5. Luzula Forsteri. 6. Luzula pilosa. 7—8. Allium triquetrum. 9—13. Chionodoxa Luciliae. 14—15. Chionodoxa sardous. 16—17. Gagea lutea. 18. Hyacinthus orientalis. 19—21. Scilla sibirica. 22—23. Galanthus nivalis. 24. Iris ruthenica. 25—26. Arenaria muscosa. 27. Arenaria trinervia. 28. Corydalis capnoides. 29. Corydalis cava. 30. Corydalis pumila. 31—32. Corydalis vaginata. 33—34. Reseda Phyteuma. 35. Primula acaulis. 36—38. Melampyrum cristatum. 39. Melampyrum nemorosum. 42—43 1/2. Melampyrum pratense.

44—48, 50—66, 68—89 Sigrid Ohlsson del. 49 & 67 Gertrud Boëthius del. Ljustryck. Justus Cederquist, Stockholm

44—45. Lathraea Squamaria. 46—48. Veronica Cymbalaria. 49. Theligonum Cynocrambe. 50. Adonis vernalis. 51—52. Anemone nemorosa. 53. Anemone ranunculoides. 54—55. Hepatica triloba. 56—57. Ficaria ranunculoides. 58—59. Potentilla alba. 60. Waldsteinia geoides. 61—63. Fumaria capreolata. 64—66. Fumaria spicata. 67. Polygonum capitatum. 68—68½. Caryolopha sempervirens. 69. Myosotis sparsiflora. 70. Nonnea alba. 71—72. Nonnea rosea. 73—74. Pulmonaria mollissima. 75—77. Ajuga orientalis. 78—81. Ajuga pyramidalis. 82—83. Ajuga reptans. 84. Lamium maculatum. 85—89. Rosmarinus officinalis.

90—91, 93—103, 107—133 Sigrid Ohlsson del. 92, 104—106, 134 Gertrud Boëthius del. Ljustryck. Justus Cederquist, Stockholm.

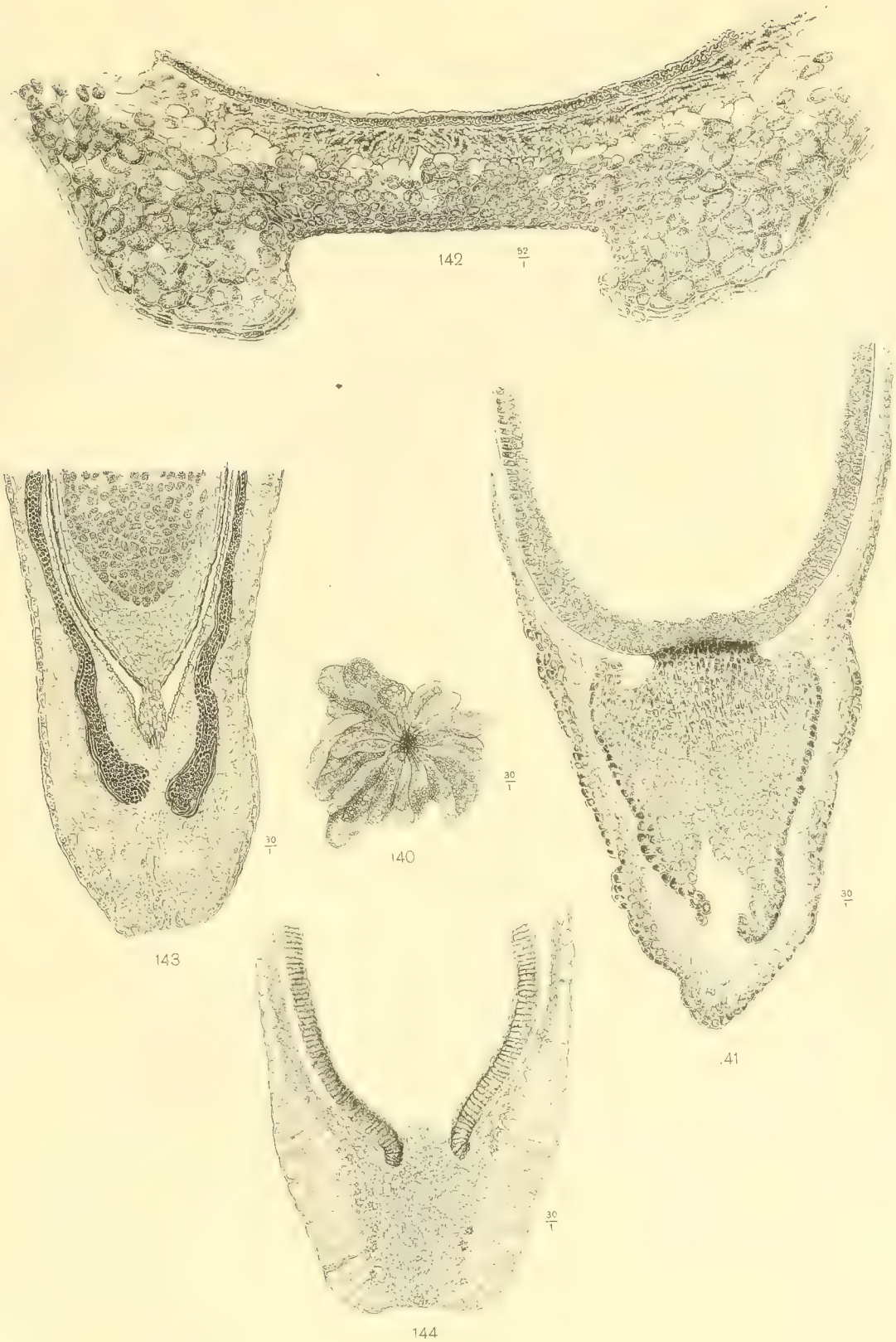
90—91. Aremonia agrimonoides. 92. Thesium alpinum. 93. Carex ericetorum. 94. Carex montana. 95. Carex ornithopoda. 96. Melica nutans. 97. Calandrinia compressa. 98. Claytonia perfoliata. 99. Claytonia sibirica. 100—101. Euphorbia Lathyris. 102—103. Mercurialis perennis. 104—105. Polygala vulgaris. 106. Amberboa leucantha. 107. Centaurea Cyanus. 108. Centaurea depressa. 109. Centaurea montana* axillaris. 110—111. Centaurea ochroleuca. 112—125. Fedia Cornucopiae. 126—127. Carduus crispis. 128—129. Carduus pycnocephalus. 130—131. Cirsium acaule. 132. Galactites tomentosa. 133. Trichera atrorubens. 134. Triodia decumbens.



Gertrud Boëthius del.

Ljustryck. Justus Cederquist, Stockholm

135. Allium triquetrum. 136. Scilla sibirica. 137—138. Asarum europæum. 139. Corydalis cava.



Gertrud Boëthius del.

Ljustryck. Justus Cederquist, Stockholm

140. Arenaria trinervia. 141. Melampyrum pratense. 142. Fumaria capreolata. 143. Fumaria spicata. 144. Polygonum capitatum.

146

147

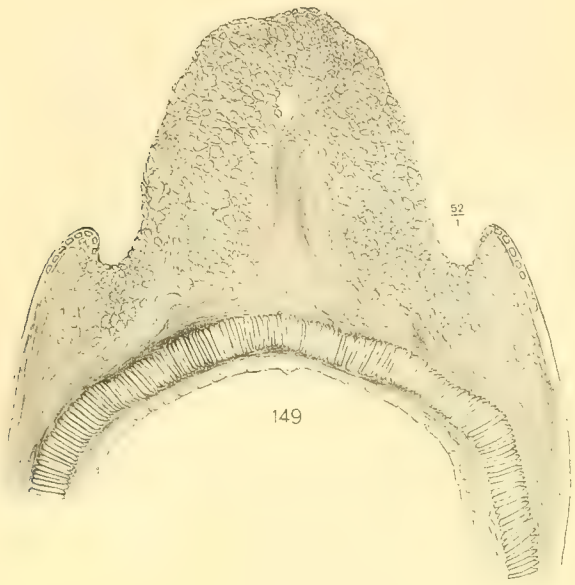
148

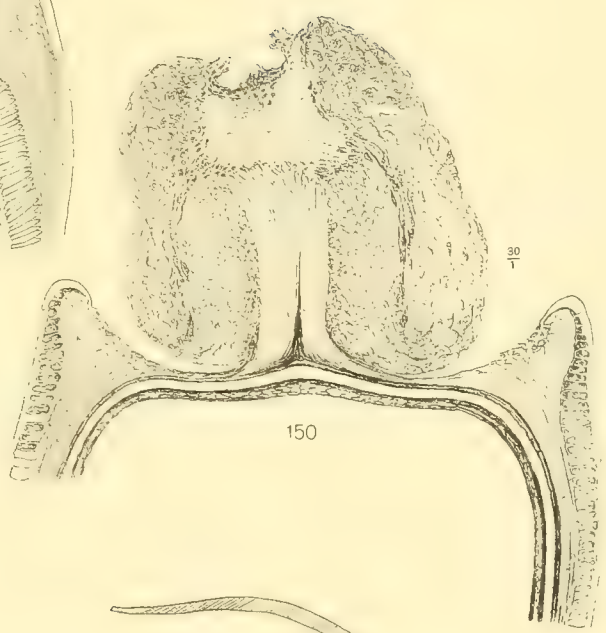
145

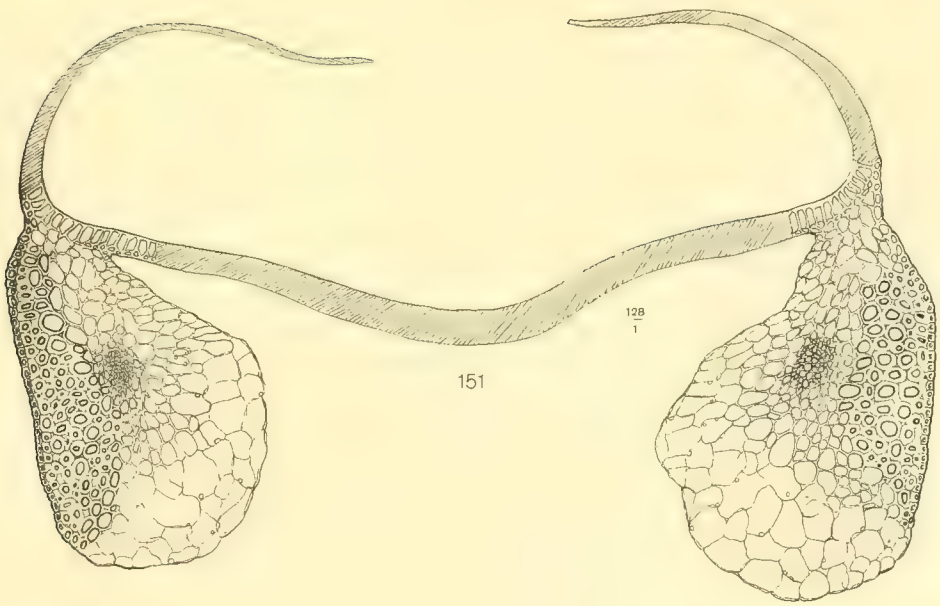
Gertrud Boëthius del.

Ljustryck. Justus Cederquist, Stockholm

145. Rosmarinus officinalis. 146. Aremonia agrimonoides. 147. Carex ericetorum. 148. Carex montana.







Gertrud Boëthius del.

Ljustryck. Justus Cederquist, Stockholm.

149. Cirsium lanceolatum. 150. Galactites tomentosa. 151. Triodia decumbens.

a. Reseda alba H. B. U. $19^{18}/_{9}05$.
b. „ luteola „ „
c. „ lutea „ „
d. „ odorata „ „
e. „ Phyteuma „ „

Auto. Justus Cederquist, Stockholm

Lithospermum officinale. H. B. U. $19^{18}/_{9}05$.

Auto. Justus Cederquist, Stockholm.

Cynoglosum officinale. H. B. U. $19^{18}/_{9}05$.

a. Nonnea nigricans. H. B. U. $19^{18}/_{905}$.
b. » rosea » »

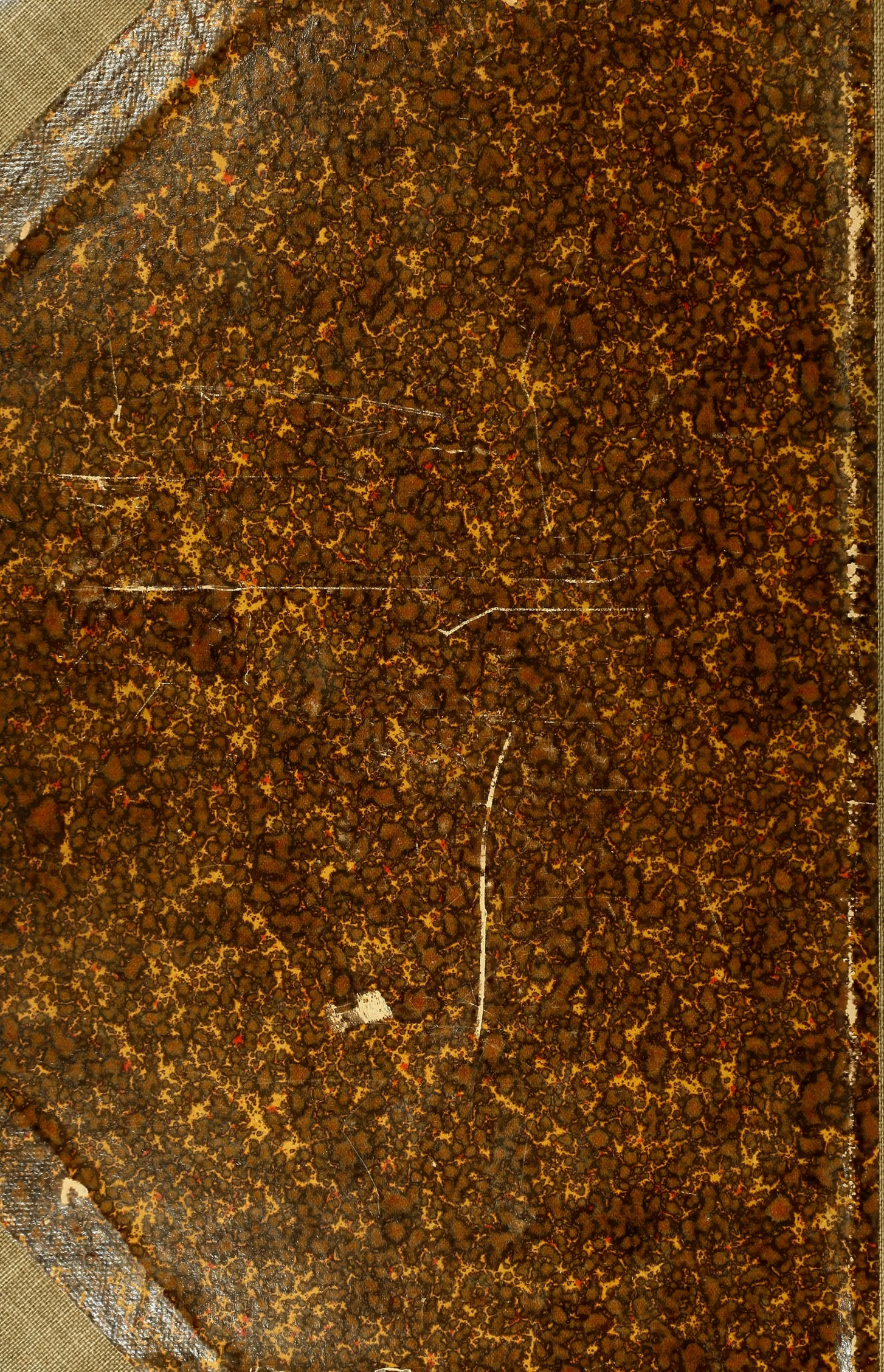
Uppsala 1906. Almqvist & Wiksells Boktryckeri-A.-B.

Date Due

MAR 25 1968

JUL 22 1968

MAY 1970

MAY 1972

3 2044 106 295 751